

LE BOTANISTE

DIRECTEUR : M. P.-A. DANGEARD

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA FACULTÉ DE POITIERS

TROISIÈME SÉRIE

1892

PRIX DE L'ABONNEMENT A LA SÉRIE DE SIX FASCICULES

16 francs pour la France. — 18 francs pour l'Etranger

A LA DIRECTION, 34, RUE DE LA CHAINE

POITIERS

ET CHEZ TOUS LES LIBRAIRES

LE BOTANISTE

POITIERS. — TYPOGRAPHIE OUDIN ET Cie

LE BOTANISTE

Directeur : M. P.-A. DANGEARD

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT

Maitre de Conférences de Botanique a la Faculté de Poitiers

TROISIÈME SÉRIE

1892

PRIX DE L'ABONNEMENT A LA SÉRIE DE SIX FASCICULES

16 francs pour la France. — **18** francs pour l'Etranger

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE
Rue Hautefeuille, 19

LONDRES
DULAU & C°
Soho Square, 37

BERLIN
FRIEDLANDER & SOHN
N. W. Carlstrasse, 11

INTRODUCTION

Ce premier fascicule de la troisième série du *Botaniste* paraît avec un léger retard: ce retard n'a d'ailleurs aucune importance, étant donné notre mode de publication. Il est dû à un changement qui s'est produit dans notre situation. Le gouvernement de la République nous a confié l'enseignement de la botanique à la Faculté des sciences de Poitiers, avec le titre de maître de conférences. Nous avons des élèves, un laboratoire de recherches qui se complétera peu à peu : nous pouvons imprimer à notre enseignement une certaine direction ; peut-être, dans quelques années, aurons-nous la satisfaction de voir des élèves essayer leurs aptitudes et leurs forces sur des recherches sérieuses, sur des sujets de botanique pure ou appliquée, sur les phénomènes si intéressants de pathologie végétale.

Cette dernière étude nécessite des connaissances théoriques nombreuses ; chaque jour, de nouvelles maladies des plantes sont signalées ; chaque jour, de nouveaux modes de traitement sont préconisés : il ne suffit pas d'être un bon praticien ; il faut connaître les parasites qui attaquent les cultures : il faut savoir distinguer, parmi les remèdes indiqués, ceux qui ont la garantie d'un nom connu, d'une carrière honorable, d'un savant désintéressé.

Par suite de circonstances particulières, nous nous trouvons dans la possibilité de pouvoir faire un cours complémentaire de botanique appliquée à l'agriculture, et nous développerons dans le second semestre cette question des plantes utiles, de leurs parasites, des moyens de défense à employer.

En effet, grâce à une initiative qui lui fait grand honneur, M. Durrande, doyen de la Faculté des sciences, a organisé à Poitiers un Institut agricole, où les divers cours sont faits par les professeurs de la Faculté ; on y a joint des exercices pratiques dont l'utilité ne saurait être méconnue : nous nous proposons, dans ces exercices, de familiariser les élèves à reconnaître l'attaque du parasite à ses débuts, à distinguer ce dernier au milieu des tissus malades, à suivre ses divers modes de reproduction : nous avons commencé une collection dans ce but, et nous serions heureux de l'augmenter par des échanges réguliers avec les diverses stations et laboratoires qui s'occupent de ces recherches.

Poitiers, le 15 février 1892.

LA NUTRITION ANIMALE

DES PÉRIDINIENS

Par M. P.-A. DANGEARD

(Pl. I, fig. 1 22).

La plupart des Péridiniens possèdent des corpuscules colorés en brun ou « phéoleucites » qui leur permettent de vivre à la façon des algues ordinaires ; ils ont une nutrition dite « holophytique ».

Quelques espèces cependant sont dépourvues de phéoleucites : leur protoplasma est incolore ; quel est leur mode de nutrition ?

On sait que le représentant inférieur de la famille des *Chlamydomonadinæ*, le *Polytoma uvella* se trouve dans les mêmes conditions : il ne présente aucune trace de chloroleucites : il a besoin, pour vivre et se développer, d'un milieu chargé de substances organiques ; il est incapable d'absorber des aliments solides, car son protoplasma est recouvert d'une membrane continue.

A la base des *Euglenæ*, on trouve également des organismes incolores, les *Astasiæ* comprenant les genres *Astasia*, *Menoïdium*, *Rhabdomonas :* ces derniers exigent les mêmes conditions de milieu que le *Polytoma*: ils ne possèdent ni le mode de nutrition dit « holophytique » ni le mode de nutrition « animale », celui-ci caractérisé par la propriété de digérer les aliments solides à l'intérieur du protoplasma.

On a pensé, jusque dans ces derniers temps, que les Péridiniens incolores, eux aussi, étaient dépourvus de la faculté d'ingérer des particules solides.

Quelques observations existaient bien, il est vrai; mais elles étaient trop incomplètes, et personne n'en tenait compte.

Il semble que ce soit Schmarda qui ait le premier signalé, dans une espèce dépourvue de membrane, le *Gymnodinium roscolum*, la présence de petits corpuscules verts de nature étrangère (1).

De son côté, Stein rencontra à l'intérieur du *Gymnodinium Vorticella* des sphérules vertes qu'il attribua au *Chlamydomonas monadina* (2).

Bergh également avait trouvé des organismes ingérés dans les *Gymnodinium gracile* et *Gymnodium spirale*, ainsi que chez le *Polykrikos auricularia* (3).

On ne peut ranger dans la même catégorie les faits observés par Bovier-Lapierre : ils sont très précis en ce qui concerne les *Polykrikos*, ainsi que la citation suivante (4) le témoigne :

« On a signalé, dit-il, des enclaves sphériques considérables par rapport au *Polykrikos*, au point de le distendre en son milieu. Ces enclaves sont identiques à celles que l'on trouve dans certaines noctiluques provenant des mêmes pêches et semblables aux œufs flottants, capturés dans le même coup de filet et que l'on a signalés comme œufs de rotateurs. Ce fait a été annoncé par M. le professeur Pouchet.

(1) Schmarda. Zur Naturgeschichte Egypteus (Denkschr. d. Wiener Akad. Bd. VII, 1854).

(2) Fr. Stein. Der Organismus der Infusionsthiere, II Halfte, Leipzig, 1883.

(3) Bergh. Der Organismus der Cilioflagellaten (Morph. Jahrbuch Bd. VII, 1882).

(4) Bovier-Lapierre. Observations sur les Noctiluques (Société de Biologie, décembre 1886).

Ces œufs, conservés en culture, m'ont donné des Nauplius et sont non des œufs de rotateurs, mais bien des œufs de crustacés copépodes ou autres ; j'ai pu constater dans une de ces enclaves, chez un *Polykrikos*, des pattes semblables à celle de ces nauplius. — Ces œufs semblent digérés à l'intérieur de leur hôte sans que leur coque soit altérée : leur contenu vitellin diminue seulement de volume jusqu'à ne plus former qu'une faible masse grenue flottant dans son milieu. A ce moment, le *Polykrikos* les rejette au dehors par une ouverture qui se fait latéralement dans sa couche périphérique et qui se ferme bientôt après, sans laisser de cicatrice visible.

Certaines de ces enclaves peuvent présenter un aspect segmenté, mais il provient non de plissements de la coque, comme on l'a décrit, mais de la division de la masse vitelline contenue dans son intérieur.

Il ne m'a pas été possible de faire absorber des œufs flottants par des *Polykrikos* sans enclaves, pas plus que par des noctiluques conservées dans les mêmes conditions. J'ajouterai que mes noctiluques n'ont pas capturé non plus les copépodes ou nauplius que j'enfermais avec elles : cependant, il est fréquent de trouver dans leur cytoplasme ces derniers à tous les degrés de digestion possible, et il est facile de leur faire absorber d'autres corps, tels que des grains d'amidon, ainsi que je l'ai montré dans une communication antérieure. »

Bovier-Lapierre conclut en disant que les *Polykrikos* semblent le trait d'union entre les péridiniens à coque et à coloration verte évoluant vers les végétaux par les *ceratium* et les noctiluques, que leur absence de matière colorée et les mouvements volontaires de leur tentacule relient à la série animale.

Cette citation nous montre que la nutrition animale se produit indubitablement chez les *Polykrikos*, mais elle ne nous apprend rien sur la manière dont les aliments sont

introduits à l'intérieur du corps, rien sur la façon dont ils sont digérés, rien sur le sort des résidus. D'ailleurs la structure des *Polykrikos* s'éloigne sensiblement du type péridinien ordinaire.

Schilling, qui, dans un premier travail tout récent (1), mettait en doute la nutrition animale des Péridiniens, vient de faire quelques observations très intéressantes sur ce sujet (2).

C'est sur une espèce désignée par lui sous le nom de *Gymnodinium hyalinum* que les faits ont été vus.

Quelques mois plus tard, pendant les vacances dernières, nous observions nous-même, avec détails, la nutrition animale chez le *Gymnodinium Vorticella*, espèce également incolore ; nous avons retardé jusqu'à ce jour la publication d'une note sur ce point intéressant, parce que le travail de Schilling nous manquait : après avoir lu ce travail, je n'ai plus d'hésitation : au lieu de faire double emploi, ce que nous avons vu est de nature non seulement à mieux faire connaître la nutrition animale des Péridiniens, mais encore à donner sur leur développement des notions nouvelles.

Examinons d'abord les résultats obtenus par Schilling.

Le *Gymnodinium hyalinum* se présente sous l'aspect de la fig. 1 avec le corps divisé en deux moitiés, l'antérieure plus petite : la disposition du sillon transversal accentue la dissymétrie ; le protoplasma n'est pas entouré d'une membrane solide : malgré l'absence de « phéoleucites », il contient de nombreux grains d'amidon.

Les individus examinés au commencement de l'hiver ne présentaient point la nutrition animale : c'est seulement au printemps qu'elle s'est produite.

(1) Schilling. Die Süsswasser peridineen, Dissertation (Flora, 1891).

(2) Schilling. Untersuchungen über die thierische Lebensweise einiger Peridineen (Berichte der deutsch. botanisch. Gesellschaft, août 1891).

Le mouvement cesse : les flagellums disparaissent et le corps, du côté où il vient à toucher un *Chlamydomonas*, se prolonge en un gros pseudopode qui entoure ce dernier et le ramène à l'intérieur du protoplasma (fig. 2-3). Le nombre des cellules qui peuvent être ainsi ingérées par un seul individu est très variable : on en compte quelquefois plus de dix ; il n'y a pas que le *Chlamydomonas pulvisculus* qui puisse servir ainsi de nourriture au Péridinien ; Schilling a observé l'englobement d'un jeune exemplaire de *Pandorina morum* (fig. 4). La digestion des organismes ingérés s'accuse bientôt par leur changement de couleur et de forme : ils sont contenus dans une vacuole dont la réaction acide modifie bientôt la couleur verte de la chlorophylle, lui donne une teinte brune.

S'il y a plusieurs organismes ingérés, ils sont contenus, soit dans une grande vacuole, soit dans plusieurs vacuoles différentes ; ils se réunissent en une masse avant d'être rejetés à l'extérieur : ces résidus peuvent se retrouver à l'intérieur du corps pendant l'enkystement et pendant la division : dans ce dernier cas, ces résidus se partagent également entre les deux embryons.

Pour l'expulsion des résidus, le corps doit reprendre l'état amiboïde qu'il possédait au moment de l'ingestion des aliments : s'il est recouvert d'une membrane, cette membrane difflue dans l'eau : la vacuole qui contient les résidus, est séparée du protoplasma par une mince enveloppe : par suite des changements de forme et de position du corps, la vacuole se trouve portée à la surface : elle proémine de plus en plus, et finalement se trouve abandonnée dans le milieu extérieur (fig. 5-6) : de nouvelles vacuoles se produisent dans le corps, et celui-ci reprend sa forme primitive. Quand les conditions sont défavorables, aussitôt après l'expulsion des résidus de la digestion, le protoplasma passe à l'état de repos en formant des cystes tout particuliers (fig. 7).

Schilling, après avoir ainsi décrit la nutrition animale chez un Péridinien à protoplasma nu, la signale aussi chez une espèce pourvue de membrane qu'il désigne du nom de *Glenodinium edax* : l'auteur a constaté l'ingestion de corps étrangers, mais, faute de matériaux, il lui a été impossible de voir la manière dont se produit cette ingestion : il n'a pas été plus heureux en ce qui concerne le rejet des résidus à l'extérieur.

Nous allons maintenant exposer nos observations personnelles, en adoptant l'ordre suivant :

I. Description et détermination du Péridinien étudié.

II. Nature des aliments.

III. Ingestion des aliments.

IV. Nutrition : expulsion des résidus.

V. Comparaison avec les résultats obtenus par Schilling en particulier.

VI. Notions sur quelques autres espèces de Péridiniens d'eau douce.

I

J'ai recueilli l'espèce étudiée ici, au cours d'une excursion faite aux environs de Ségrie (Sarthe), pendant les grandes vacances dernières : elle se trouvait mêlée à de nombreuses zoospores vertes d'un *Chlamydomonas* dont il sera question plus loin.

La forme du corps variait dans des limites assez considérables (fig. 8-11) : quelques individus avaient la forme d'un rein (fig. 9-10) : l'échancrure à partir de laquelle se montrait le sillon transversal se trouvant à peu près au milieu du corps, d'autres individus avaient la partie antérieure du corps arrondie, formant une sorte de couvercle sur la partie postérieure, beaucoup plus petite, également arrondie (fig. 11) ; entre les deux, un sillon transversal très marqué : c'est cette forme qui rappelait le

mieux celle du *Gymnodinium Vorticella*, telle qu'elle a été figurée par Stein : c'est en définitive à cette espèce que nous croyons devoir rapporter les diverses formes précédentes, ainsi que d'autres quelque peu différentes (fig. 15, 20, 21) ; il se produisait d'ailleurs sur le même individu des déformations remarquables ; ces déformations sont rendues possibles par l'absence de membrane solide : le protoplasma du corps est nu, recouvert seulement par une mince pellicule.

Ce Péridinien est totalement dépourvu de chromatophores ; le protoplasma est incolore ; selon les individus, il se montre presque homogène, ou du moins très finement granuleux, ou bien présente des granulations assez grosses dispersées dans tout le corps ou localisées en certains points ; il semble que ce soit des grains d'amidon ; le nombre restreint des individus en expérience m'a fait négliger d'éclaircir ce point.

Le *Gymnodinium Vorticella* possède deux mouvements : souvent, il file droit devant lui avec une grande rapidité en tournant sur lui-même, et alors il éprouve une sorte de tremblottement plus ou moins prononcé : d'autres fois, il se met à tourner sur lui-même, à la même place, et alors le mouvement de rotation s'effectue de gauche à droite ou de droite à gauche (fig. 17) ; ce dernier mouvement lui sert pour la préhension des aliments.

Pendant le mouvement direct, un cil assez long est traîné à l'arrière : on peut l'apercevoir, non sans difficulté, il est vrai : il s'insère sur le sillon transversal, comme dans les autres espèces : on peut le voir aussi pendant le mouvement de rotation ; le second flagellum ne s'aperçoit pas en général sur les individus vivants. Après fixation à l'acide osmique et coloration au vert de méthyle, on réussit à le mettre en évidence : le corps est légèrement déformé par ce traitement, mais les deux flagellums deviennent visibles (fig. 12-14) ; selon toute apparence,

le second flagellum est logé dans la sorte de gouttière du sillon transversal : les deux flagellums s'insèrent près l'un de l'autre.

La grosseur des individus est excessivement variable : elle est souvent dans le rapport de 1 à 10. On pourrait croire, d'après ces grandes variations de forme et de grosseur, que nous avons eu affaire à des espèces différentes : cela ne me semble pas possible, étant données les grandes ressemblances observées pendant le développement.

II

La plupart des *Gymnodinium* possédaient à l'intérieur du corps des corpuscules jaunâtres, en général un ou deux, quelquefois un plus grand nombre : ils se trouvaient dans la partie antérieure du corps et dans la partie postérieure. Cela me donna l'éveil en me rappelant les résidus de digestion observés maintes fois chez les protozoaires : bientôt, je rencontrai de ces corpuscules qui avaient encore leur couleur verte non modifiée : il ne me restait plus, pour arriver à une certitude complète, qu'à assister à l'ingestion même de ces corps, et l'attente ne fut pas de bien longue durée.

Avant de décrire cette ingestion, il me paraît utile d'intercaler ici quelques renseignements sur l'algue qui servait de nourriture habituelle au *Gymnodinium* : c'est un *Chlamydomonas* qui n'a pas encore été signalé en France, si je ne me trompe ; il présente même dans son organisation quelques particularités intéressantes.

En nous reportant à l'excellente Monographie du docteur Goroschankin (1), nous voyons que notre espèce a

(1) Dr Goroschankin. Beitrage zur Kenntniss der Morphologie und Systematik der Chlamydomonaden ; II. Chlamydomonas Reinhardi (Dang.) und seine Verwandten, Moscou, 1891.

des rapports très étroits avec le *Chlamydomonas Perty* : il y a toutefois certaines différences que nous signalerons.

Les zoospores ont une forme globuleuse : leur diamètre est de 20 à 35 μ (fig. 10-15, Pl. II) : deux flagellums, dont la longueur est un peu supérieure à celle du corps, divergent à droite et à gauche : ils s'insèrent à la base d'une petite papille qui manque assez souvent. La membrane du corps peut être mince, mais souvent aussi elle est très épaisse et striée concentriquement. Le chromatophore se continue à la partie antérieure du corps sous les flagellums : il possède encore à cet endroit une grande épaisseur : à la partie postérieure du corps, cette épaisseur est maximum : elle atteint et dépasse même quelquefois la moitié de la longueur totale de la cellule : à cet endroit, se trouve logé un gros pyrénoïde ; la substance du chromatophore est très dense, tassée ; elle est striée d'une façon très nette (fig. 6-8, Pl. II). Ces stries sont très nombreuses et disposées concentriquement : il résulte de cette structure que la limite de séparation est très nette entre le chromatophore et la chambre antérieure qui renferme le noyau : cette chambre antérieure est très petite : outre le noyau, on y rencontre de petites granulations sombres dans un protoplasma clair ; elle a un contour sphérique (fig. 6-8, Pl. II).

Cette description s'applique aux individus qui viennent d'être récoltés ou qui se trouvent dans une culture en très bon état de végétation : dans d'autres cultures, la substance du chromatophore devient moins dense et son contour interne qui délimite la chambre antérieure perd toute netteté (fig. 9, Pl. II).

Il y a deux vacuoles contractiles, à la base des flagellums : elles sont situées dans l'épaisseur du chromatophore : on n'en voit qu'une à la fois (fig. 6, Pl. II) ; elle se creuse à l'intérieur de la substance du chromatophore qu'elle refoule un peu dans la chambre antérieure, au

moment où elle atteint son plus grand volume : elle se contracte alors brusquement en dessinant quelquefois une sorte d'étoile (fig. 10-11, Pl. II). La seconde vacuole se montre alors à son tour et se développe comme la première ; il s'écoule environ une minute entre l'instant où la vacuole apparaît et le moment où elle disparaît.

A la fin du second jour de culture, on observe déjà de nombreux sporanges renfermant de deux à huit zoospores : elles proviennent d'une bipartition du protoplasma : ces sporanges sont sphériques : leur membrane est épaisse, incolore : elle peut être séparée en plusieurs couches : elle se dissout peu à peu pour mettre les zoospores en liberté (fig. 12-13, Pl. II).

Les gamètes sont produites de la même manière que les zoospores ordinaires ; mais elles sont beaucoup plus petites : la grosseur de ces gamètes est assez variable, de 8 à 16 μ ; mais il m'a paru que les copulations s'effectuaient entre gamètes de même taille ; elles sont elliptiques ou globuleuses.

La copulation se fait comme dans les autres espèces (fig. 14, Pl. II) ; mais il se produit un fait qui mérite d'être signalé : je ne puis cependant le donner comme ayant un caractère de généralité : l'œuf s'arrondit, grossit, montre une membrane munie de protubérances ; en grossissant, il abandonne sur le côté (fig. 15, Pl. II) une mince membrane qui n'est autre chose que la membrane commune des gamètes. Cet œuf en augmentant de volume épaissit sa membrane : cette dernière montre de nombreuses protubérances qui lui donnent un aspect particulier.

Doit-on réunir cette espèce au *Chlamydomonas Perty* ? Elle en diffère par la constitution de son chromatophore, et surtout par le *nombre des vacuoles contractiles*. Dans le *Chlamydomonas Perty*, il y a de trois à quinze vacuoles contractiles : elles sont grosses et nullement difficiles à apercevoir : d'après le docteur Goroschankin, c'est là une

particularité remarquable de cette espèce qui permet de la séparer de toutes les autres espèces (1).

Notre *Chlamydomonas* ne possède que deux vacuoles contractiles certainement : il a un chromatophore épais, strié : l'œuf se débarrasse de bonne heure de l'enveloppe provenant de la membrane des gamètes. Si ce sont là des caractères spécifiques, nous allons pouvoir faire une restitution. Perty avait créé, pour une forme semblable, le *Chlamydomonas globulosa* (2). Goroschankin, trouvant cette espèce insuffisamment caractérisée, a établi le *Chlamydomonas Perty* : le *Chlamydomonas globulosa*, bien que le plus ancien, était passé à l'état de synonyme. On pourra donner maintenant le nom de *Chlamydomonas globulosa* Perty à l'espèce qui possède deux vacuoles contractiles, et le nom de *Chlamydomonas Perty* Gorosch. à l'espèce étudiée par le docteur Goroschankin.

La description précédente me fournit l'occasion d'une remarque : par suite de la continuation du chromatophore sous les flagellums, les deux vacuoles contractiles se trouvent logées dans la substance même du chromatophore ; en adoptant les idées de Went (3) et de plusieurs auteurs sur la nature des vacuoles, on arriverait à cette constatation de la présence d'une sorte de leucite à l'intérieur d'un autre de nature fort différente : ce serait probablement ici le premier cas de ce genre signalé.

Si l'on admettait que la chambre antérieure des *Chlamydomonas* est une vacuole, un hydroleucite (4), on se trouverait en présence également d'une exception : d'un noyau renfermé dans une vacuole : aussi ne considérons-nous pas cette chambre antérieure comme une vacuole, et

(1) Dr Goroschankin, *loc. cit.* p. 13.

(2) Perty. Zur Kenntniss Kleinster Lebensformen, 1852.

(3) Went. Die Vermehrung der normalen Vacuolen durch Theilung (Jahrb. fr. Wiss. Bot. XIX, 1888).

(4) Consulter : Van Tieghem. Traité général de Botanique, 2e édition.

les vacuoles comme des leucites d'une nature particulière.

Une autre algue servait également de nourriture au Péridinien : c'est cette espèce de *Cryptomonas* que nous avons désignée, dans un travail précédent, sous le nom de *C. cyana* (1), et qui rappelle une forme désignée par Hansgirg (2) sous le nom de *Chroomonas Nordstedtii* (3).

III

L'ingestion des aliments chez le *Gymnodinium Vorticella* est véritablement très remarquable par la manière dont elle se fait. Nous avons dit que cette espèce possédait deux mouvements : l'un de translation directe, l'autre de rotation sur place : c'est ce dernier qui est adapté à la préhension des algues qui servent de nourriture au Péridinien.

Le sillon transversal qui sépare en deux le corps, produit, — surtout lorsque la partie supérieure de ce dernier a la forme d'une cloche ou d'un couvercle, — une encoche très prononcée à un endroit qui peut être considéré comme la *bouche* ; si le *Gymnodinium* a la forme d'un rein, cette encoche occupe le hile.

On voit les individus dans les cultures se mettre à la recherche d'une proie : ils tâtent pour ainsi dire autour des algues, cherchant celle qui leur convient. Quand ils l'ont trouvée, ils s'orientent, et au moyen de leur mouvement de rotation de droite à gauche ou de gauche à droite, ils arrivent à mettre l'algue au niveau de la bouche. Autrement dit, dans le mouvement de rotation,

(1) P.-A. Dangeard. Contribution à l'étude des organismes inférieurs (*Le Botaniste*, 2e série).

(2) Hansgirg. Anhang zu meiner Abhandlung : Ueber den Polymorphismus (Bot. Centralblat, XXIII).

(3) Consulter l'analyse de notre mémoire par Klebs (Bot. Zeitung, n° 19, 1891).

l'algue se trouve butée par l'encoche ; aussitôt le Péridinien s'arrête, un lambeau de protoplasma sort du fond de l'encoche, entoure l'algue et l'entraîne à l'intérieur du corps très rapidement (fig. 18, *a*, *o*, *c*).

Aussi longtemps qu'il y a dans les cultures des cellules de *Chlamydomonas* de taille réduite, des gamètes par exemple, le *Gymnodinium* se nourrit abondamment : il avale dans un court espace de temps jusqu'à six ou sept algues (fig. 9-10) ; mais, si la grosseur de ces dernières augmente, le Péridinien se trouve dans l'embarras ; il choisit bien les plus petites : encore voit-on fréquemment la partie supérieure du corps se soulever comme un couvercle pour permettre l'ingestion. Nous avons assisté une fois à un spectacle vraiment épique : un *Gymnodinium* très petit cherchait vainement une algue appropriée à sa taille : son protoplasma était complètement dépourvu de résidus : vraisemblablement il avait faim, car il cherchait, tâtait, scrutait tous les coins et recoins de la culture avec une persistance digne d'un meilleur sort : enfin son choix s'arrêta sur une algue presque aussi grosse que lui (fig. 21). On voyait bien qu'il n'était pas très satisfait de ce choix, car il retournait cette algue, la quittait un instant pour y revenir à nouveau : il prévoyait que la bouchée était un peu forte. Enfin, il essaya d'avaler : il mit l'algue au contact de l'encoche : la partie antérieure du corps s'avança, recouvrant presque entièrement l'algue (fig. 21). A ce moment, j'étais sur le point d'attribuer l'avantage au Péridinien : après plusieurs efforts infructueux, il fut cependant obligé d'abandonner la lutte, et, après avoir rejeté l'algue, il reprit sa forme normale et sa chasse ; à mon grand regret, il disparut sans qu'il me fût possible de le retrouver.

Une autre fois, un individu, dont le sillon transversal n'était pas visible, émit très rapidement des prolongements amiboïdes (fig. 20, *a*), de véritables pseudopodes

qui entourèrent une cellule d'algue et l'entraînèrent à l'intérieur du corps : pendant l'ingestion, un des flagellums se montrait nettement sur le côté ; assez longtemps après, le corps reprit sa forme normale (fig. 20, *i*) ; une déformation du corps, mais beaucoup moins prononcée, accompagne souvent, d'ailleurs, l'introduction des aliments à l'intérieur du protoplasme.

IV

Les algues servant à la nourriture du *Gymnodinium* passent en général tout d'abord dans la partie postérieure du corps, puis ensuite dans la partie antérieure (fig. 10, *a*, *o*, *c*) : elles sont contenues chacune dans une vacuole ou plusieurs dans la même vacuole : la chlorophylle se trouve rapidement altérée : elle prend une teinte jaunâtre : la substance de l'algue se trouvant digérée, celle-ci se trouve donc réduite à un corpuscule jaunâtre qui diminue de volume et passe finalement à l'état de résidus. Certains Péridiniens ont leur protoplasma bourré par ces corpuscules jaunâtres serrés les uns contre les autres dans la partie postérieure du corps et dans la partie antérieure,

J'ai cherché à voir de quelle manière les résidus de la digestion étaient expulsés au dehors : mais cette recherche n'a pas été sans difficulté. En effet, je portais mon attention naturellement sur les individus en pleine activité, et cela sans aucun résultat ; enfin j'arrivai à avoir l'explication de l'énigme : en effet, à la fin de la digestion, les corpuscules jaunâtres perdent leur forme, constituent des granulations rougeâtres plus ou moins grosses. A ce moment, le *Gymnodinium* perd son activité : il s'arrête ; les flagellums disparaissent : le corps s'arrondit : le sillon transversal s'efface et le protoplasma se recou-

vre d'une membrane de cellulose : à l'extérieur se trouve abandonnée une zone de substance mucilagineuse plus ou moins épaisse (fig. 22). A ce moment, les résidus de la digestion occupent le centre, la zone de protoplasma extérieure restant incolore : on observe quelquefois un autre aspect : la partie centrale du corps est vacuolaire, et sur le côté, se trouve une masse rougeâtre constituée par les résidus (fig. 23-24).

Voici maintenant ce qui se produit : le protoplasma se contracte, se retire, abandonnant la membrane du côté où se trouve la petite masse des résidus de la digestion : il prend une forme sphérique et s'entoure d'une seconde membrane plus épaisse que la première (fig. 25-27).

On a alors un véritable kyste ainsi composé : à l'extérieur, une zone de mucilage, puis une première membrane mince, incolore, ayant un contour elliptique ; à l'intérieur de cette membrane, une sphère de protoplasma recouvert d'une membrane plus épaisse, également incolore : elle est au contact de la première enveloppe sur une large surface. Les résidus de la digestion se trouvent à l'une des extrémités de l'ellipse, dans l'intervalle entre les deux membranes : ils sont réunis là en une seule masse (fig. 25-27, *o*). Le protoplasma du kyste, complètement débarrassé des résidus de la digestion, est grossièrement granuleux ; parfois il est plus homogène : dans tous les cas, il possède une légère teinte rougeâtre ; il possède une grande vacuole centrale ou plusieurs vacuoles assez larges (fig. 26–27).

Jusqu'ici, rien de semblable n'a été signalé chez les Péridiniens, et on ne peut manquer d'être frappé de la ressemblance presque complète de ce kyste avec celui des Vampyrelles, de certaines Monadinées zoosporées, etc. ; tout y est : épuration du protoplasma, contraction, abandon des résidus de la digestion dans l'intervalle des deux membranes. Si l'on considère, d'autre part, que le

corps peut émettre des pseudopodes véritables, bien qu'ils ne servent pas à la locomotion, on arrive à la conviction que le groupe des Péridiniens se relie assez étroitement par la base aux Rhizopodes inférieurs, par l'intermédiaire de ces formes incolores dépourvues de membrane.

V

Il n'est pas inutile de comparer ces résultats avec ceux qui ont été obtenus avant nous, touchant le mode de nutrition animale des Péridiniens ; il ne peut guère être question que du travail de Schilling.

Il y a des différences notables, d'abord en ce qui concerne la préhension des aliments. Le *Gymnodinium hyalinum*, étudié par Schilling, doit cesser son mouvement, perdre ses flagellums, avant de pouvoir se nourrir ; c'est, au contraire, pendant la période d'activité qu'a lieu la préhension des aliments dans le *Gymnodinium Vorticella* : elle s'opère grâce à un mouvement particulier de rotation. Dans le *Gymnodinium hyalinum*, il ne semble pas exister un point déterminé pour l'ingestion : dans le *Gymnodinium Vorticella*, il y a une véritable bouche située dans le sillon transversal. Ces différences paraissent être en rapport avec des facultés spéciales : ainsi, dans le *Gymnodinium hyalinum*, rien ne vient indiquer une trace d'instinct ; dans le *Gymnodinium Vorticella*, il y a un choix des aliments ; le Péridinien se met à leur recherche, tâte, paraît se rendre compte des conditions favorables ou défavorables à l'ingestion, et c'est après ces préliminaires qu'il se met en mesure de faire pénétrer les aliments à l'intérieur de son protoplasma ; il agit comme un organisme supérieur.

La digestion se fait de la même manière dans les deux espèces, à l'intérieur d'une ou plusieurs vacuoles : mais

l'expulsion des résidus de la digestion a lieu avec des différences : ainsi, chez le *Gymnodinium hyalinum*, cette expulsion des résidus a lieu à un stade correspondant exactement à celui pendant lequel s'est faite l'ingestion ; dans le *Gymnodinium Vorticella*, il y a épuration du protoplasma et abandon des résidus entre les deux membranes du kyste : ces résidus sont en plusieurs pelotes distinctes dans la première espèce : elles ne forment qu'une seule masse dans la seconde.

VI

J'indiquerai dans ce chapitre quelques particularités du développement des Péridiniens, en utilisant les notes que je possède sur ce sujet. Quelques-unes de ces observations sont nouvelles : d'autres sont plus ou moins connues.

Je signalerai tout d'abord un mode d'enkystement rencontré chez le *Ceratium tetraceros* : cette espèce s'est rencontrée encore assez fréquemment dans nos récoltes, mais à l'état d'individus isolés : dans une culture, un de ces individus s'est enkysté à l'intérieur de la coque qui présente la forme et la structure bien connue : le protoplasma était recouvert d'une épaisse membrane incolore à stries concentriques : au centre, un énorme noyau arrondi à substance dense, sans nucléole ; tout autour, le protoplasma lui-même avec de nombreux phéoleucites arrondis, situés dans la couche externe : sous l'influence du vert de méthyle, non seulement le noyau était coloré, mais les phéoleucites l'étaient également : ils étaient très distincts (fig. 1, Pl. II).

En second lieu, je puis établir la formation de nosopodes chez l'*Hemidinium nasutum* ; j'avais recueilli cette petite espèce en abondance dans un des bassins de la

ville de Caen. Après avoir fixé à l'acide chromo-osmique et coloré à l'hématoxyline, il était facile de voir tout autour du corps (fig. 3, Pl. II) ces filaments incolores, de longueur variable, qui s'enchevêtrent de toutes les manières : on les observe chez divers organismes, et en particulier chez les *Cryptomonas :* nous attribuons leur formation à la filtration brusque d'un mucus gélatineux au travers de l'enveloppe, sous l'influence de la contraction brusque produite par les réactifs. Il est à remarquer en effet que cette sécrétion gélatineuse se produit normalement chez un grand nombre de Péridiniens, même pendant la période d'activité : on les voit, grâce aux réactifs, entourés d'une couche plus ou moins épaisse de ce mucus.

En faisant quelques cultures, j'ai eu l'occasion d'observer en plus ou moins grand nombre des formes incolores du *Glenodinium cinctum* (fig. 4, Pl. II), et du *Gymnodinium fuscum* (fig. 5, Pl. II) : dans le protoplasma incolore, se trouvent quelques globules d'apparence oléagineuse et colorés en rouge ; les phéoleucites ont disparu ; on connaît ces formes incolores, mais il serait bon de les étudier plus attentivement, de voir comment elles se nourrissent, de déterminer si elles peuvent acquérir dans la suite de nouveaux phéoleucites.

Au point de vue de l'habitat, voici la liste des diverses espèces d'eau douce que j'ai eu l'occasion de recueillir, avec l'indication du lieu de la récolte :

1° *Hemidinium nasutum* Stein. Recueilli dans les petits bassins de la cour de l'hôtel de ville, Caen.

2° *Glenodinium cinctum* Ehr. Très abondant à toutes les époques de l'année dans le bassin central du Jardin botanique de Caen ; Ségrie (Sarthe).

3° *Ceratium tetraceros* Schrank (*cornutum* Ehr.). Individus isolés dans les récoltes d'algues. Marais des Terriers et de Chicheboville, aux environs de Caen.

4° *Gymnodinium fuscum* Ehr. Même habitat que l'espèce précédente.

5° *Peridinium tabulatum* Ehr. Marais de Chicheboville et Ségrie (Sarthe).

6° *Gymnodinium Vorticella* Stein. Trouvé dans une récolte de *Chlamydomonas globulosa* Perty, à Ségrie (Sarthe).

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

Gymnodinium hyalinum Schilling, fig. 1-7.

Fig. 1-6. Préhension des aliments et expulsion des résidus.
Fig. 7. Cyste. — D'après Schilling.

Gymnodinium Vorticella Stein, fig. 8-27.

Fig. 8-11. Aspects divers de cette espèce.
Fig. 12-14. Mise en évidence des flagellums par les réactifs.
Fig. 15. Un individu avec ses deux flagellums en place.
Fig. 16. Gamètes de *Chlamydomonas globulosa* Perty et zoospores de *Cryptomonas cyana* Dang., espèces servant de nourriture au Péridinien.
Fig. 17. Schéma indiquant le mouvement de rotation à droite ou à gauche.
Fig. 18. En *a*, l'aliment *o* se trouve au contact de l'encoche : il passe à l'intérieur du corps en *o*, *c*.
Fig. 19. La partie supérieure du corps se soulève en couvercle pour faciliter l'ingestion.
Fig. 20. En *a*, *l*, *o*, stades successifs de l'ingestion : en *i*, le Péridinien a repris son mouvement.
Fig. 21. Le Péridinien s'attaque infructueusement à une algue presque aussi grosse que lui.
Fig. 22-24. Début de l'enkystement : *o*, résidus.
Fig. 25-27. Trois kystes : *o*, résidus.

PLANCHE II.

Ceratium tetraceros Schrank, fig. 1.

Fig. 1. Un stade particulier de repos.

Hemidinium nasutum Stein, fig. 2-3.

Fig. 2. Individus ordinaires.
Fig. 3. Production de nosopodes Kunstler.

Glenodinium cinctum Ehr., fig. 4.

Fig. 4. Formes incolores avec globules oléagineux rougeâtres : dans la fig. 5, ce sont les mêmes globules dans *Gymnodinium fuscum*.

Chlamydomonas globulosa Perty, fig. 6-15.

Fig. 6-9. Diverses zoospores.

Fig. 10-11. Zoospores vues par la face antérieure pour indiquer la disposition des deux vacuoles.

Fig. 12-13. Sporanges.

Fig. 14. Gamètes et copulation.

Fig. 15. Œuf : en *c*, il sort de la membrane d'enveloppe : *a*, enveloppe vide ; *b*, œuf isolé.

LES NOYAUX D'UNE CYANOPHYCÉE

Le MERISMOPEDIA CONVOLUTA Bréb.

Par M. P.-A. DANGEARD

(Pl. II, fig. 16-20.)

L'étude des noyaux chez les Cyanophycées est encore si peu avancée qu'il me paraît utile d'indiquer ici les observations que j'ai eu l'occasion de faire, il y a quelque temps, sur les cellules de *Merismopedia convoluta*, dont la disposition générale des cellules est indiquée fig. 16.

Cette algue se trouvait en exemplaires peu nombreux dans une récolte recueillie à Ségrie (Sarthe). Rabenhorst en donne la diagnose suivante :

« *M. convulata* Bréb. (in Kutz. sp. p. 472). M. thallo « membranace subfoliaceo viridi ad duas lineas longo et « lato (oculis nudis visibili) plerumque plicato-convo- « luto : familiis maximis e cellulis numerosissimis, sphæ- « ricis vel oblongis compositis. »

Diam. long. cell. 1/290 = 0,0007 : lat. 1/550 = 0,00016 Hab in stagnis prope Falaise, Galliam. (De Brébisson), ad Dresdam (Reinicke) (1).

Je ne puis guère, dans une note de cette nature, indiquer la bibliographie du sujet : on la trouvera exposée dans un récent travail de Zacharias (2); sont cités en particulier les travaux de Strasburger, Bornet et Flahaut,

(1) Rabenhorst. Flora algarum... p. 58.

(2) Zacharias. Ueber die Zellen der Cyanophyceen (Bot. Zeitung, 1890).

Schmitz, Tangl, Lagerheim, Reinhardt, Wille, Hansgirg, Zopf, Borzi, Scott, Fischer, Ernst.

Depuis cette époque, deux travaux sont parus sur les noyaux des Cyanophycées.

L'un de ces travaux est de Butschli (1). Ce savant a particulièrement en vue les noyaux des Bactériacées : il trouve dans le *Chromatium*, après fixation à l'alcool et coloration à l'hématoxyline, une partie centrale qui se teint plus vivement que le reste : elle montre une structure en réseau, ou plus exactement une structure lacuneuse; en outre, dans cette portion centrale existent un nombre plus ou moins grand de granules qui se distinguent par leur coloration. Butschli a encore étudié dans son travail quelques Oscillariées : leur structure, et c'est là le point qui nous intéresse ici, rappelle celle du *Chromatium*; là encore, on trouve des granules ayant les mêmes propriétés que ceux des *Bacterium*. Butschli conclut que le corps central est sans doute le noyau.

Le second travail, plus récent, est de Valerian-Deinega (2); d'après cet auteur, la question de la présence d'un noyau dans les cellules des Cyanophycées, tout au moins de celles qui sont filamenteuses, ne peut être actuellement résolue.

Quelle est la nature des noyaux des Cyanophycées? Existe-t-il des chromatophores ? Et si l'on répond affirmativement, quelle est la structure exacte de ces formations et leur degré de généralité ?

Nous nous garderons, pour l'instant, de prendre parti dans cette question si difficile, nous bornant simplement à exposer ce que nous avons trouvé dans *Merismopedia convoluta*.

(1) Butschli. Sur la structure des Bactéries et des organismes voisins. Leipzig, 1890.

(2) Valerian-Deinega. L'état présent de nos connaissances sur le contenu cellulaire des Phycochromacées. Moscou, 1891.

Les colorations ont été faites à l'hématoxyline, après fixation à l'alcool absolu: elles ont bien réussi et même à un faible grossissement on voit dans toutes les cellules un point fortement coloré (fig. 17-18); le milieu conservateur était le baume du Canada.

Si, au lieu d'une Cyanophycée, on avait affaire à une cellule d'une plante quelconque, il n'y aurait aucun doute: ce point central coloré représenterait le noyau. Dans l'espèce, il y a lieu d'être plus exigeant.

Voici sur ce corpuscule les notes écrites à la suite d'un examen fait à l'aide d'un excellent objectif à immersion de Leitz.

Corpuscule central occupant un tiers ou la moitié de la cellule, se colorant fortement par l'hématoxyline : assez souvent il est sphérique et son contour est bien délimité de la portion de protoplasma qui l'entoure et qui est restée presque incolore (fig. 19). La substance est homogène, elle ne montre aucune trace de nucléole. D'autres fois, le contour prend un aspect irrégulier ou étoilé, et alors la substance est quelque peu granuleuse : elle se teinte plus vivement en certains points (fig 19).

Bien qu'il m'ait été impossible de déceler la présence d'une membrane nucléaire, je n'hésite pas à considérer ce corpuscule central comme un noyau : quant à l'aspect étoilé, il m'est impossible de dire s'il est en relation avec la division des cellules. On remarquera qu'il n'y a pas ici ces gros granules particuliers qui existent chez les Oscillariées, et dont la nature chimique n'est pas encore fixée.

Je n'agiterai pas la question de savoir si le *Merismopedia convoluta* est bien une algue cyanophycée : cette question se pose pour plusieurs cas semblables, en particulier pour les *Phragmonema*, *Chroodactylon* (1).

(1) Consulter : Schmitz. Chromatophoren u Algen, 1882. — Borzi. Le communicazioni intracellulari delle Nostochinee (Malpighia, 1886).

Nous avons déjà mis hors de doute par une étude suivie du développement le fait qu'une algue bleue, le *Gloeochaete Wittrockiana* Lagerheim (*Schrammia* Dang.), devait prendre place près des Tétrasporées (1). C'est également par l'étude du développement que la nature des algues bleues, précédemment citées, pourra être résolue.

(1) Dangeard. Mémoire sur les algues. (*Le Botaniste*, 1re série, 1889.)

NOTE

SUR UN CRYPTOMONAS MARIN

Par M. P.-A. DANGEARD

(Pl. II, fig. 20).

Pendant un séjour fait au Laboratoire maritime de Luc-sur-Mer, j'ai rencontré au milieu d'une culture d'algues marines un *Cryptomonas* à forme bien typique. Malheureusement, il m'a été impossible d'obtenir le développement, car je n'ai pu disposer que d'une dizaine d'individus.

Toutefois, comme les *Cryptomonas* connus sont des espèces d'eau douce, il peut être utile de signaler l'existence d'une espèce marine. Elle se rapproche par sa couleur de *C. erosa* ; le chromatophore est en effet coloré en jaune sale ou jaune brun : il est assez épais et à sa face interne se trouvent de petites granulations d'amidon. Cette espèce rappelle, par sa forme et sa taille, le *C. ovata* : au centre du corps, existe un gros globule d'aspect oléagineux, comme ceux que l'on rencontre dans les autres espèces : les deux flagellums qui partent du fond de l'échancrure antérieure, sont de la longueur du corps environ.

Cette description est bien incomplète : j'ignore s'il me sera jamais possible de la compléter : mieux vaut donc dès maintenant attirer l'attention sur cette espèce marine que l'on pourrait désigner du nom de *Cryptomonas marina* sp. nov.

POITIERS. — TYPOGRAPHIE OUDIN ET Cie.

4 3 2 1

7 6 5

11 10 9 8

16 15 14 13 12

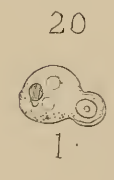
19 18 17

c o α

21





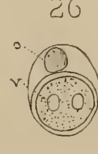





20

27 26 25 24 23 22



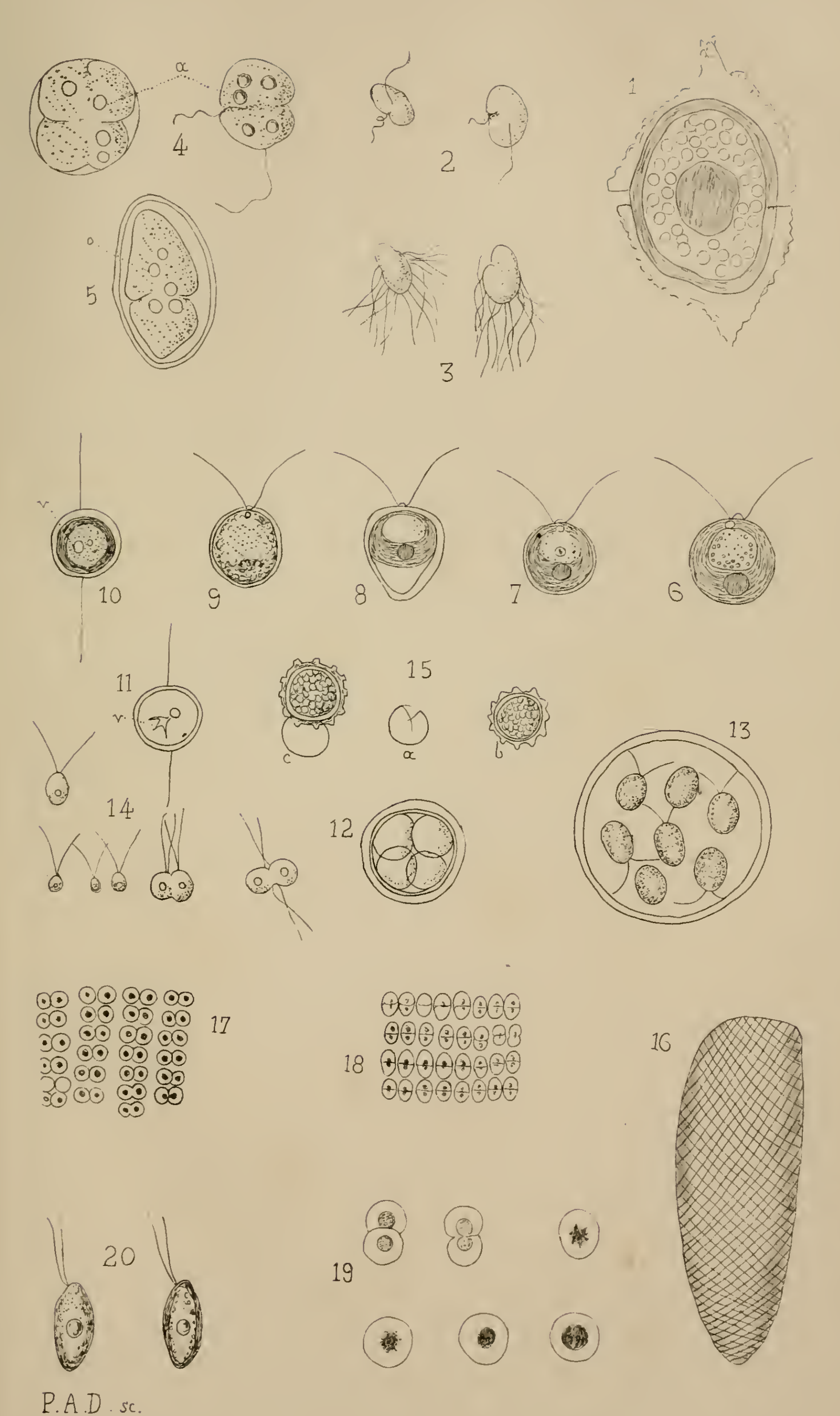









P.A.D. sc.



P.A.D. sc.

LES
MALADIES DU POMMIER ET DU POIRIER

Par P.-A. DANGEARD

INTRODUCTION

La culture du pommier a pris une très grande extension et une très grande importance dans l'Ouest de la France ; toutefois il est un fait qui s'impose de toute évidence.

Le cultivateur qui voudra conserver ses arbres en bon état et obtenir des récoltes régulières sera obligé, comme le viticulteur, de lutter contre un grand nombre de parasites qui s'attaquent aux divers organes de la plante, racine, tige, rameaux, feuilles ; il ne devra plus se contenter d'attribuer ses insuccès, ses mauvaises récoltes à la nature du sol, à l'action des agents atmosphériques, soleil, humidité, brouillards, etc.

Tandis que pour la vigne on connaît, presque jour par jour, le développement du pourridié, du mildew, de l'oïdium, de l'anthracnose, il n'en est plus de même en ce qui concerne le pommier et le poirier ; si, en quelques localités, des traitements préventifs et curatifs ont déjà été essayés, c'est souvent uniquement à cause de l'analogie de ces maladies avec celles de la vigne.

Il est facile de comprendre que, dans ces conditions, l'on puisse faire souvent fausse route, et dépenser en pure perte ses efforts et son argent.

Il est nécessaire, avant tout, de connaître exactement les symptômes de chaque maladie, d'en suivre les diverses phases, de déterminer la nature du parasite et de connaître son développement.

Nous allons, dans ce travail, essayer d'atteindre ce but pour un certain nombre d'altérations qui se rencontrent sur le pommier et le poirier : nous avons presque toujours contrôlé les renseignements antérieurement acquis à la science ; le lecteur trouvera, en outre, nombre d'observations nouvelles et quelquefois la description de maladies non encore étudiées jusqu'ici.

Il nous était impossible, dans ces conditions, de faire exclusivement acte de vulgarisation ; mais le praticien, le cultivateur dégagera facilement les notions qui lui sont utiles ; et le spécialiste sera satisfait, nous l'espérons, de trouver, groupés en un ensemble, des observations inédites et des faits disséminés dans un grand nombre de publications françaises et étrangères, la plupart d'un prix très élevé.

Nous serons heureux que ceux qui posséderont ce livre deviennent des collaborateurs, nous signalent les erreurs, nous fassent part de leurs critiques, du résultat de leurs expériences ; de notre côté, nous nous mettons complètement à leur disposition pour la détermination des maladies qui attaquent leurs cultures, et pour l'indication des meilleurs traitements à employer dans chaque cas particulier : ils n'auront qu'à adresser leurs envois au Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Poitiers.

L'ordre adopté dans ce travail est le suivant ; il y a six chapitres dont voici les titres :

I. Notions sur les substances insecticides et fongicides.
II. Altérations des tiges et des rameaux.
III. Id. des feuilles.
IV. Id. des fruits.

V. Altérations des racines.

VI. Les insectes nuisibles.

Chacun de ces chapitres est subdivisé de la manière suivante :

I.	1° Substances insecticides.
	2° Substances fongicides.
	3° Mode d'emploi et pulvérisateurs.
II.	1° Le chancre cancéreux.
	2° Le chancre noduleux.
	3° Le chancre papillaire.
	4° Le chancre commun.
	5° La gélivure du pommier et du poirier.
	6° La pourriture du bois.
III.	1° La fumagine des feuilles.
	2° La rouille des feuilles.
	3° La gale des feuilles.
	4° La marbrure des feuilles.
	5° L'érinose.
	6° L'oïdium.
	7° La chlorose.
IV	Le chancre des fruits.
	La pourriture des fruits.
V.	Le blanc des racines (pourridié).
	La fermentation alcoolique des racines.
VI.	Les insectes nuisibles.

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS SUR LES INSECTICIDES ET LES FONGICIDES

Les maladies des plantes et, en particulier, celles du pommier et du poirier, sont presque toujours causées par l'attaque d'un parasite de nature animale (insecte, acarien) ou par celle d'un champignon ; quelquefois elles résultent de l'action combinée des deux organismes.

Les substances destinées à détruire les premiers sont des *insecticides* ; celles qui sont employées contre les champignons sont des *fongicides*.

Etudions d'abord les premières :

Les insecticides principaux sont : les arsénites, le pétrole, le tabac, le pyrèthre, le sublimé corrosif, la chaux, la digitaline, l'alun, l'eau chaude, etc.

On doit placer au premier rang les arsénites, semble-t-il : en effet, voici, sur leur emploi, quelques détails que nous empruntons à une publication très sérieuse (1).

J.-B. Smith recommande en particulier contre l'anthonome et les insectes du pommier les poisons arsenicaux, qu'il désigne sous le nom de pourpre de Londres (*London purple*), et de vert de Paris (*Paris green*). « Tous les deux ont leurs avantages et leurs désavantages. Le vert Paris, pourvu qu'il soit pur, a l'avantage d'être un composé défini ; l'arsenic y est presque tout insoluble dans l'eau et par suite est moins sujet à endommager le feuillage que le pourpre de Londres. Il est cependant plus pesant, et

(1) New Jersey. Agricultural College, Experiment Station, Bulletin 86, avril 1892.

il ne reste en suspension dans l'eau que s'il est agité continuellement.

En achetant le vert de Paris, il ne faut pas prendre l'article vendu le meilleur marché, car il est fréquemment adultéré ; mais il est bon de choisir une marque garantie et de le chercher à l'état de plus grande division.

Le pourpre de Londres est beaucoup plus fin et reste mieux en suspension dans l'eau ; c'est un produit non défini, dans lequel la quantité d'arsenic est variable. De plus, une petite quantité de cet arsenic est soluble dans l'eau et peut endommager le feuillage, si l'application est trop abondante. On remédie, il est vrai, à cet inconvénient en y mélangeant une quantité égale de chaux, de manière à former une pâte, qui est ensuite diluée pour l'usage : tout l'arsenic libre est pris, et le composé insoluble qui en résulte est tout aussi inoffensif à la végétation que le vert de Paris. Le pourpre de Londres est le produit le moins cher, et il est recommandé de préférence, à condition qu'on y ajoute de la chaux.

La quantité d'arsenic est approximativement la même dans les deux composés, et, dans chaque cas, on peut employer 1|2 kilogr. pour 8 à 900 litres d'eau (1). »

Comme ces substances ne sont pas encore employées en France, nous avons dû prendre quelques renseignements sur leur nature et sur leurs prix.

Nous nous sommes adressé, d'une part, à la maison Fribourg et Hesse, 26, rue des Ecoles, Paris ; d'autre part, à la maison Rousseau et Cie, 17, rue Soufflot, Paris.

Voici les renseignements qui nous ont été fournis obligeamment :

I. « Nous regrettons de ne pouvoir vous satisfaire quant au pourpre de Londres, nous n'avons pu trouver ce produit. Quant au vert de Paris, c'est bien un arsénite,

(1) Loc. cit. p. 9.

mais qui se fait à divers titres, de sorte que le prix varie de 80 fr. à 200 fr. les 100 kilogr. — Fribourg et Hesse, 16 juillet 1892. »

II. « Nous vous adressons les renseignements que nous avons pu obtenir sur le vert de Paris qui est un acéto-arsénite de cuivre... Il est vendu également sous le nom de vert de Vienne ou de Brunswick; mais il est connu surtout dans les ouvrages sous le nom de vert de Schweinfurt... ; nous pouvons fournir le vert dit de Paris, depuis le vert que nous indiquons par la lettre A, qui est le meilleur marché à 80 fr. net les 100 kilogr. ; la marque surfine vaut 300 fr. Quant au pourpre de Londres, nous ne le connaissons pas : aucun des spécialistes que nous avons consultés n'a pu nous renseigner, et ils sont étonnés qu'on obtienne des pourpres à base d'arsenic. Ne serait-ce pas un produit naturel ? le réalgar ou sulfure rouge d'arsenic ? P. Rousseau, 20 juillet 1892. »

De ces deux lettres, nous tirons les conclusions suivantes : étant donné que les arsénites donnent de bons résultats en Amérique, il y a lieu de les expérimenter en France. On devra commencer par le vert de Paris, puisqu'il est connu dans sa composition et son prix. Aux doses recommandées, qui sont très faibles, son emploi doit être sans danger. Comme nous ne voulons engager notre responsabilité en aucune façon ; comme, d'un autre côté, nous manquons des crédits nécessaires et d'un champ d'expériences pour les essais, nous nous bornons à recommander la prudence.

En ce qui concerne le pourpre de Londres, ce produit n'est pas connu en France sous ce nom ; mais c'est probablement, comme le dit la maison Rousseau, le *réalgar*. Que l'on fasse des essais.

Le traitement lui-même revient à un excessif bon marché, et les intérêts en jeu sont assez grands pour qu'on ne recule pas devant quelques sacrifices.

Lorsqu'on a affaire à des parasites qui se contentent de sucer l'intérieur des tissus sans les manger, on ne doit plus employer les arsénites ; le poison doit agir par simple contact.

La formule suivante peut être conseillée :

Pétrole. . .	10 litres
Eau. . . .	5 litres
Savon dur. .	1/4 kilog..

On fait une lessive avec le savon et l'eau, et l'on verse dans le pétrole. On agite jusqu'à complète émulsion, ce que l'on peut faire en se servant d'une seringue ou d'une pompe, aspirant et refoulant le liquide dans le vase. Si le mélange est suffisamment chaud, le liquide doit épaissir au bout de cinq à dix minutes et prendre, après refroidissement, la consistance de beurre (1).

Une partie de ce mélange, diluée dans douze parties d'eau, détruira presque toutes les espèces de pucerons ou de poux.

Jean Dufour, directeur de la station viticole de Lausanne, emploie avec succès, contre le cochylis, insecte qui attaque la vigne, une infusion de pyrèthre.

« Peser 5 kilogr. savon noir mou, les mettre dans une petite cuve ou demi-tonneau ; verser dessus environ 10 litres d'eau chaude, en remuant constamment de manière à dissoudre le savon. Puis ajouter 1 kilogr. ou mieux 1 kil. 200 poudre de pyrèthre (pure et sans addition de naphtaline), bien remuer avec un petit balai pour délayer complètement la poudre ; enfin ajouter environ 80 litres d'eau froide. » On traite au pulvérisateur, alors que les larves sont jeunes.

Il est possible que cette formule donne de bons résultats pour les insectes du pommier : mais son prix est un peu élevé pour entrer dans la pratique.

(1) Loc. cit. p. 9.

Le jus de tabac est regardé comme un bon insecticide ; il est surtout employé dans les serres.

Le sublimé corrosif n'a qu'un défaut : il détruit très bien les insectes ; mais il altère en même temps aux doses nécessaires le feuillage des arbres.

Le lait de chaux est un insecticide peu énergique ; il protège quand même les arbres quand les insectes sont peu abondants ; on peut le projeter sur les arbres au moyen d'un pulvérisateur.

L'eau chaude donnerait un très bon résultat si l'on disposait dans le commerce d'instruments pratiques pour l'obtenir et la projeter sur les arbres à la température voulue : il existe en effet une limite assez large entre le degré nécessaire à la destruction des insectes et celui où les feuilles commencent à être brûlées.

Ajoutons qu'il est possible, dans plusieurs cas, de détruire directement les insectes en les faisant tomber dans une sorte d'ombrelle renversée ou *collecteur ;* le fond de ce collecteur supporte un réservoir contenant du pétrole ; cette observation s'applique surtout aux insectes qui vivent sur les arbres fruitiers des jardins.

Quant aux fongicides, c'est-à-dire aux substances destinées à détruire les champignons parasites, elles ont été faites pour la plupart en vue des maladies de la vigne.

1° BOUILLIE BORDELAISE.

Première formule.

Sulfate de cuivre.	3 kilog.
Chaux grasse en pierre.	1 k. 500
Eau.	105 litres.

Deuxième formule.

Sulfate de cuivre.	2 kil.
Chaux grasse en pierre.	1 kil.
Eau.	105 litres.

Pour faire le mélange, on dissout, d'une part, le sulfate de cuivre dans 100 litres d'eau. On fait éteindre, d'autre part, la chaux grasse en pierre dans 5 litres d'eau. Ce lait de chaux, assez épais, est rendu bien homogène par malaxation. On le verse peu à peu dans la solution de sulfate de cuivre, et on a le soin de remuer fortement le mélange pendant l'opération et quelque temps après. Il se forme une vraie bouillie d'une belle couleur bleue. Lorsqu'on la laisse au repos, il se produit un dépôt. Chaque fois que l'on vient puiser, on brasse le mélange de façon à le rendre bien homogène. Les solutions et le mélange sont faits dans des récipients que le sulfate de cuivre ne peut attaquer ; le plus simple est de se servir de vieilles barriques : on puise avec des instruments en bois, en grès ou en cuivre. Le sulfate de cuivre se dissout assez vite ; si on voulait activer sa dissolution, on chaufferait une certaine quantité d'eau (4 à 5 litres environ pour les 2 kilogr. de sulfate de cuivre), dans laquelle on mettrait les cristaux, ensuite le complément d'eau froide, et le lait de chaux quand la solution serait refroidie. *On doit verser le lait de chaux dans la solution de cuivre et ne pas faire l'inverse.*

2° PROCÉDÉS AUX CARBONATES DE SOUDE ET DE POTASSE.

(*Bouillie bourguignonne ou dauphinoise.*)

MM. Perboyre, Patrigeon et Masson ont indiqué, en 1887, un procédé qui consiste à remplacer l'ammoniaque ou la chaux par des cristaux de soude ou de potasse du commerce.

D'une part, faire dissoudre :

Sulfate de cuivre.	2 kil.
Eau.	3 litres.

D'autre part :

Carbonate de soude. . . . . 3 kil.
Eau. . . . . 5 litres.

Mélanger les deux solutions et compléter 100 litres d'eau.

3° VERDET.

La préparation s'en fait comme suit :

Dans un récipient d'environ 500 litres de capacité (un vieux demi-muid défoncé d'un côté, par exemple), on mettra 50 kilos de verdet gris extra sec en grain et 500 litres d'eau, 3 ou 4 jours avant de commencer le traitement. On agitera plusieurs fois dans cet intervalle.

Le jour où l'on devra traiter, on versera dans des fûts de 2 hectolitres de capacité (des fûts pétroliers, par exemple : on se les procure dans le commerce pour 2 fr. 50) environ 2 décalitres de cette préparation. On passera à travers un tamis de cuivre, pour éliminer les impuretés légères du verdet, paille, chanvre, etc. Ces 2 décalitres contiendront 2 kilos de verdet ; on complétera chaque fût avec de l'eau : on aura ainsi la dilution à 1 p. 100. Ces barils seront emportés à la vigne et serviront à alimenter les pulvérisateurs.

On aura un deuxième récipient de 500 litres, dans lequel on commencera une dilution, identique à la première, le jour où l'on aura entamé celle du premier récipient. La dilution aura donc le temps de se faire pendant qu'on emploiera la première.

4° BOUILLIE SUCRÉE.

(Procédé Michel Perret.)

Dans 80 litres d'eau, délayer 2 kil. de chaux éteinte (pesée à l'état vif). Délayer ensuite dans 10 litres d'eau, en agitant, 2 kil. de mélasse du commerce et mélanger avec

le lait de chaux. Ajouter enfin 2 kil. de sulfate de cuivre préalablement dissous dans 10 litres d'eau. (On peut remplacer la chaux par 3 kil. de cristaux de soude.) La teinte bleu-verdâtre du liquide surnageant indique la bonne réussite de la préparation.

Il résulte des essais de M. Aimé Girard :

1° Que la faculté d'adhésion aux feuilles varie suivant la composition dans des proportions considérables ;

2° Que, parmi ces compositions, celle qui résiste le moins à l'action de la pluie est la bouillie bordelaise, et qu'en diminuant la proportion de chaux, on augmente un peu sa solidité ; qu'enfin l'addition de composés alumineux ne change rien à l'adhérence ;

3° Que la bouillie à la soude et la solution de verdet ont une faculté d'adhésion presque double de celle des bouillies précédentes, et que celle qui résiste le plus est la bouillie *cupro-calcaire sucrée* de M. Michel Perret.

5° EAU CÉLESTE.

Sulfate de cuivre. . .	1 kilog.
Ammoniaque.	1 litre 5.
Eau.	100 à 200 lit.

Pour préparer ce liquide, on dissout 1 k. de sulfate de cuivre dans 10 litres d'eau chaude, en se servant d'un baquet en bois. Après refroidissement, on verse l'ammoniaque à 22° Baumé : la liqueur, devenue bleue, est étendue avec 100 ou 200 litres d'eau. Il faut avoir bien soin de ne pas l'employer immédiatement, car il peut rester de l'ammoniaque libre, ce qui occasionnerait des brûlures sur les feuilles.

6° SOLUTION AMMONIACALE DE CARBONATE DE CUIVRE.

Carbonate de cuivre. .	250 gr.
Ammoniaque.	2 litres
Eau.	125 litres à 200

On verse le carbonate de cuivre dans 1 litre d'eau : on y ajoute l'ammoniaque, et après dissolution complète on porte la quantité d'eau à 125 ou 200 litres.

7° MÉLANGE DE CARBONATE DE CUIVRE ET DE CARBONATE D'AMMONIAQUE.

Carbonate de cuivre. .	150 gr.
Carbonate d'ammoniaque.	500 gr.
Eau.	225 litres.

Aux 500 grammes de carbonate d'ammoniaque pulvérisé on ajoute le carbonate de cuivre, et on dissout le tout dans 1 ou 2 litres d'eau chaude. On ajoute ensuite la quantité d'eau voulue. Ce mélange ne peut amener aucune brûlure sur les feuilles.

8° SULFURE DE POTASSIUM.

La solution est dans les proportions de

Sulfure de potassium. .	50 gr.
Eau.	10 litres.

Dans plusieurs de ces formules, on emploie du carbonate de cuivre : c'est la substance la plus chère. Mais c'est une des plus actives.

Je ne parle pas ici, à dessein, de diverses substances pulvérulentes à base de soufre et de sulfate de cuivre, qui sont recommandées pour les maladies de la vigne : non seulement elles donnent des résultats moins certains, mais encore elles seraient difficiles à projeter sur les arbres avec les instruments dont on dispose actuellement.

Pour répandre sur les arbres les insecticides et les fongicides, on se sert d'instruments spéciaux qui sont des pulvérisateurs.

L'un des meilleurs et des plus répandus est l'*Eclair* n° 1, qui est construit par Vermorel, de Villefranche (Rhône) ; il est employé depuis longtemps déjà dans les traitements de la vigne.

Pour le rendre utilisable dans le cas d'arbres assez élevés, on ajoute des accessoires qui consistent en un tube de caoutchouc de 1 m. 20 et un de 1 m. 50, un robinet raccordant les tuyaux, une lance à coulisse de 0,80 à 1,50, etc. Il y a un jet très fin destiné soit aux insecticides, soit aux substances d'un prix élevé.

La fig 2 permet de se rendre compte de la marche de l'opération.

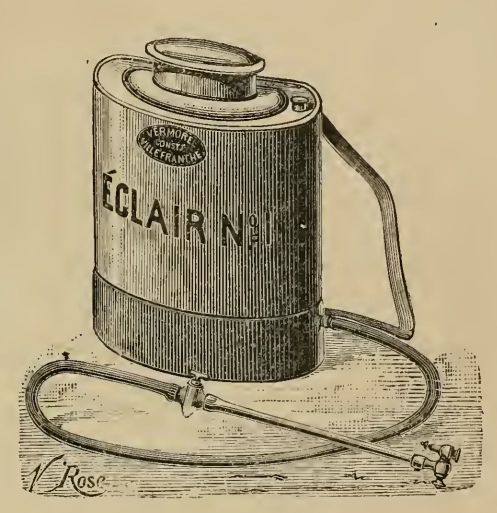


FIG. 1.

Bien que les substances pulvérulentes ne semblent pas devoir être employées fréquemment dans le traitement des pommiers et des poiriers, nous indiquerons cependant un instrument qui pourrait être utilisé soit sous sa forme actuelle, soit après avoir subi des modifications appropriées : c'est la *Torpille* (fig. 3) : elle ressemble beaucoup à un pulvérisateur : elle comprend un réservoir qui peut contenir 11 à 22 kilog. de soufre ou de poudre ; un curseur permet de régler le débit à volonté : elle se fixe sur le dos de l'ouvrier au moyen de deux bretelles : dans les conditions où elle est fabriquée actuellement, des tubes supplémentaires permettent d'atteindre 6 mètres de hauteur.

Lorsqu'on traite un arbre au pulvérisateur, on doit arriver à couvrir chaque feuille d'une mince couche de la substance employée ; mais il ne faut pas attendre que l'arbre soit inondé : aussitôt que les premières gouttes commencent à tomber sur le sol, il faut s'arrêter ; dans

ces conditions, s'il s'agit des arsénites, le poison n'atteindra pas le sol en quantité suffisante pour que les bestiaux qui viendront dans le verger puissent être incommodés.

Aux proportions indiquées ci-dessus, le feuillage ne

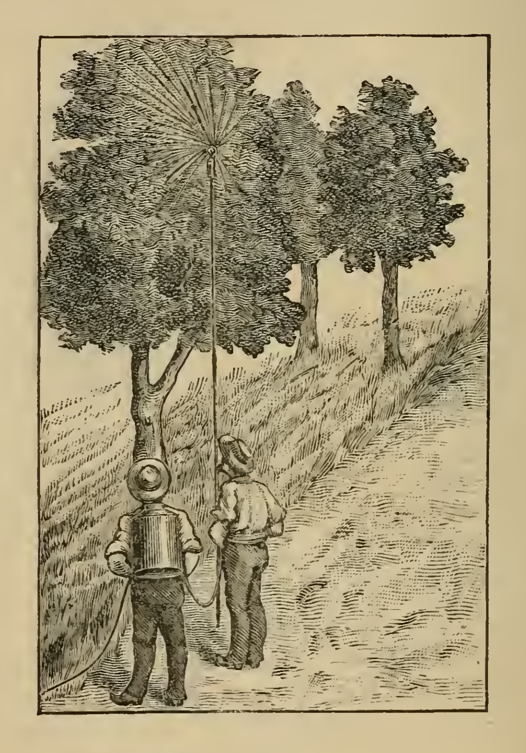


FIG. 2.

peut guère être endommagé ; pour éviter toute surprise, il ne faut jamais traiter les arbres par un grand soleil et une température élevée : un temps frais et couvert est celui qui convient le mieux ; et si l'on est obligé de pulvériser dans une journée chaude, on ne devra le faire que le matin ou tard dans l'après-midi.

L'effet produit dépend de l'habileté avec laquelle le

traitement est fait, et non de la quantité de liquide employée.

En ce qui concerne spécialement les fongicides, ne pas oublier que ces substances n'atteignent pas le parasite à l'intérieur des tissus : ils empêchent simplement les

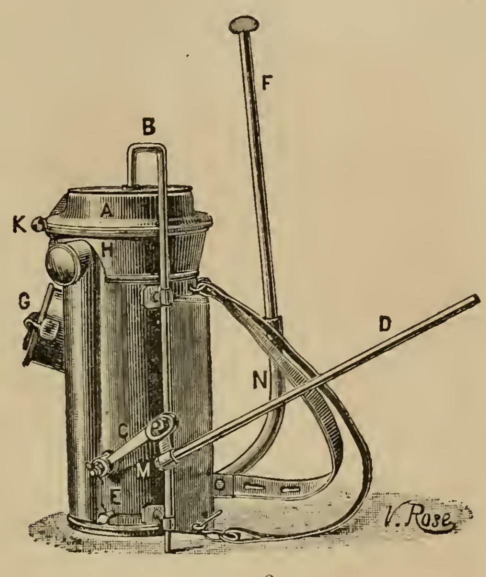


FIG. 3.

corps reproducteurs du champignon de germer et, par suite, ils entravent la propagation de la maladie. Il est donc utile de ne pas attendre, pour le traitement, que le parasite se montre sur les arbres : son action ne peut alors qu'être localisée ; mais si les feuilles sont recouvertes du poison avant l'arrivée du champignon, celui-ci ne pourra y germer et les arbres resteront complètement indemnes, et il est bien plus facile et moins coûteux de prévenir la maladie que de l'enrayer.

CHAPITRE II

ALTÉRATIONS DES TIGES ET DES RAMEAUX

1° LE CHANCRE CANCÉREUX

(Pl. III, fig. 1-17.)

Cette maladie est assez répandue et elle cause de graves dommages dans les vergers. Entre Fresnay et Sillé dans la Sarthe, on fait un grand commerce de pommes à couteau; beaucoup d'arbres sont attaqués ; mais toutes les variétés ne le sont pas au même degré ; les pommiers de Jaune et les Reinettes sont particulièrement atteints : les vieux arbres produisent beaucoup de bois mort chaque année ; les jeunes arbres sont déformés et leur croissance est souvent entravée ; à Chambois, la Reinette de Bretagne et la Reinette du Canada sont en voie de disparition par suite de cette formation abondante de chancres (1). Les variétés de pommes à cidre sont heureusement moins attaquées ; il en est de même des poiriers.

La maladie est certainement de date ancienne, car nous avons vu des arbres en porter des traces non équivoques datant de plus de quarante ans ; on distingue facilement cette espèce de chancre sur des rameaux de diverses grosseurs, lorsqu'on en fait une étude attentive.

Sur les grosses branches, au-dessus et au-dessous du chancre, le diamètre est normal; mais, à l'endroit du

(1) D'après des notes et des envois de M. Duhamel.

chancre, il y a un aplatissement très prononcé ; on aperçoit le bois noir et dénudé entouré par une sorte de bourrelet irrégulier (Pl. III, fig. 1).

Si l'on fait une section horizontale à ce niveau (fig. 2), on constate que, du côté du chancre, le bois mort B de couleur noire arrive à dépasser la moelle ; la portion de bois vivant, correspondant à l'écorce, est souvent très limitée : quelquefois, il ne reste plus aucune trace des formations ligneuses entourant la moelle pendant les premières années de croissance ; elles ont disparu : on ne trouve plus qu'une lame de bois vivant, dans lequel les couches annuelles présentent une épaisseur différente aux divers points ; une faible épaisseur de bois mort le protège du côté du chancre (Pl. III, fig. 3.)

Sur ces chancres très âgés, en général, le parasite a disparu ; son développement s'est terminé avant d'avoir fait mourir la branche entière.

Prenons un chancre plus jeune : nous retrouvons le bourrelet entourant la plaie ; mais, autour de celle-ci, l'écorce est fendillée, crevassée : ces crevasses (Pl. III, fig. 5) décrivent des courbes, et c'est là qu'il est possible, avec un peu d'attention, de rencontrer une grande quantité de petites sphères rouges : ce sont les organes de fructification du parasite que nous étudierons plus loin ; il y a souvent une délimitation nette entre la portion de l'écorce restée saine et celle qui est mortifiée.

Dans les sections que nous venons d'examiner, il reste une portion de l'écorce saine, sur la circonférence, au niveau du chancre : elle suffit à assurer la nutrition de la portion supérieure du rameau : cette partie conserve sa vitalité. Mais, qu'à un moment donné, sur une grosse branche ou sur un jeune rameau, l'écorce vienne à être envahie sur toute la circonférence, la portion de la branche ou du rameau, supérieure au chancre, meurt : c'est précisément ce qui est arrivé pour le rameau représenté

(Pl. III, fig. 7) : le chancre s'est d'abord étendu beaucoup suivant la longueur ; la section transversale (Pl. III, fig. 8) nous montre qu'il a débuté sur un rameau de deux ans ; chaque année, une portion nouvelle de l'écorce était détruite : sous cette écorce attaquée, aucune formation ligneuse ne s'est produite, et finalement, lorsque le chancre a atteint la circonférence entière du rameau, la partie supérieure de ce rameau est morte. Le fait est facile à comprendre, puisque la communication s'est trouvée interrompue avec l'arbre pour toute la partie située au-dessus du chancre.

Cette constatation est très importante : elle explique pourquoi les pommiers chancreux forment chaque année une très grande quantité de bois mort consistant en jeunes rameaux ou en grosses branches. On peut la résumer en disant : *chaque fois que le chancre s'étend sur toute la circonférence, la partie située au-dessus de lui meurt ; chaque fois qu'une portion notable de l'écorce reste vivante, le rameau continue à se développer.*

On remarquera de plus, dans le chancre de la fig. 7, une séparation nette entre l'écorce saine et l'écorce attaquée ; cette dernière montre les crevasses caractéristiques et les nombreux périthèces rouges du *Nectria*.

Remontons à un état plus jeune (Pl. III, fig. 9) : nous en apprendrons davantage ; nous verrons que l'attaque débute au niveau d'un bourgeon : il est facile de se rendre compte de cette particularité ; à ce niveau, les tissus sont jeunes, délicats ; ils peuvent se dessécher sous l'influence d'une gelée ou d'une autre cause ; c'est là un milieu très favorable au développement du parasite qui peut fonctionner au début comme saprophyte, avant de s'attaquer aux tissus vivants.

L'écorce se crevasse, se fendille ; le parasite n'est point encore fructifié ; on rencontre seulement, dans les cellules corticales, le fin mycélium cloisonné du parasite ; les pé-

rithèces manquent. Quelques observateurs, ne rencontrant point à ce stade les fructifications, en ont conclu à tort que l'altération n'était point due à un parasite : c'est oublier la manière dont se développent les champignons qui vivent d'abord à l'état de mycélium et ne fructifient souvent que longtemps après.

Au début de l'attaque, il y a une dépression à l'endroit du chancre (Pl. III, fig. 11) ; ce n'est que plus tard qu'il y a augmentation du diamètre et formation des bourrelets.

Nous connaissons maintenant les caractères qui distinguent le chancre cancéreux ; disons quelques mots du parasite qui le produit.

Hartig, dont la compétence est bien connue en ce qui concerne les maladies des plantes, attribue avec raison à un champignon, au *Nectria ditissima*, le rôle actif dans la production des chancres (1).

Ce savant signale la présence des chancres de la Nectrie sur le hêtre, le chêne, le fresne, le cerisier, le pommier, etc.

Mais son étude porte sur les chancres des arbres forestiers, et elle laisse complètement dans l'ombre les caractères et les symptômes particuliers à cette maladie sur le pommier et le poirier.

Prillieux se range à l'avis d'Hartig sur le rôle du *Nectria* (2).

Sorauer conteste quelques-unes des idées exprimées par Hartig : ainsi, d'après lui, la production des chancres serait indépendante de l'action du *Nectria* ; il y voit une prédisposition de certains arbres à l'hypertrophie du bois sous l'influence d'une blessure ; cette opinion ne semble pas pouvoir s'accorder avec les faits que nous venons de signaler dans le développement des chancres ; Sorauer ne

(1) Hartig. Lehrbuch der Baumkrankheiten, p. 89-90, Berlin, 1889.
(2) Prillieux (Société mycologique de France, séance du 7 juin 1888).

conteste pas, d'ailleurs, un certain rôle au champignon dans la nécrose des tissus (1).

L'organisation du *Nectria ditissima* est la suivante : les petits modules rouges représentent l'appareil de fructification du champignon ; ce sont des périthèces à contour sphérique ou ovale (Pl. III, fig. 13) ; à la partie antérieure, se trouve une ouverture, par laquelle, à maturité, sortent en grande quantité les asques. Ces asques sont des sacs qui renferment 8 spores bicellulaires (fig. 14); les asques sont placés dans le périthèce au milieu de paraphyses ou poils stériles ; si l'on vient à porter les spores dans l'eau, elles germent très rapidement en donnant en divers points des filaments mycéliens qui s'allongent, se ramifient, en se cloisonnant çà et là (fig. 14) ; c'est ce mycélium qui, pénétrant à l'intérieur de la plante et s'y développant, amène la nécrose des tissus et la formation du chancre ; sur ce mycélium, au bout d'un certain temps, se produisent de nouveaux périthèces rouges.

En faisant des sections dans les parties de l'écorce nécrosée, nous avons rencontré une formation de conidies à l'extrémité de filaments groupés en buisson ; c'est probablement une forme *Tubercularia* se rattachant au développement de la Nectrie.

Une autre forme de conidies, développées à la surface d'un périthèce, appartient à l'*Apiosporium mali*.

Dans l'état actuel de la question, les conseils qui peuvent être donnés au sujet du chancre cancéreux sont les suivants :

1° Il faut éviter de greffer avec un rameau chancreux. Nous avons indiqué les caractères du chancre jeune : il sera donc possible de le reconnaître sur les greffes, s'il existe ; toute blessure de l'écorce serait également préjudiciable, puisqu'elle offre une voie facile à la pénétration

(1) Sorauer. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, p. 405-406, 2e édition, Berlin, 1886, et Atlas der Pflanzenkrankheiten, t. 40, p. 33 du texte.

du parasite. Nous avons représenté (Pl. III, fig. 4) un arbre dans lequel la greffe avait été de bonne heure attaquée par un chancre ; l'arbre a grossi, montrant chaque année une quantité de bois mort, sans donner aucune récolte appréciable.

2° Si la maladie ne fait que commencer sur un arbre, il faut rapidement supprimer tous les rameaux atteints : ils seraient une source d'infection pour les autres ; on devra les brûler sur place.

3° Si la maladie est passée à l'état chronique, on a le choix entre deux moyens : ou bien supprimer complètement un arbre dont le voisinage serait dangereux dans un verger ; ou bien essayer de greffer les grosses branches restées saines ; dans ce dernier cas, il serait bon, si l'on a affaire à une variété de pommes à couteau, d'employer des greffes d'une variété de pommes à cidre.

4° Les diverses variétés ne sont pas également sensibles à cette maladie ; beaucoup résistent encore. Il faut les choisir de préférence, ce qui sera facile par l'examen des arbres du pays où l'on se trouve.

5° La suppression de tout le bois mort, chaque année, est une précaution élémentaire, puisque le *Nectria* vit bien en saprophyte.

On peut, pour essayer de guérir les pommiers chancreux, faire usage, comme on l'a conseillé, de sulfate de fer : ce traitement est fondé sur l'analogie qui existe entre cette maladie du pommier et l'anthracnose de la vigne.

Voici comment l'on procède pour la vigne : c'est un badigeonnage des souches avec une dissolution concentrée de sulfate de fer. « La dissolution doit être à 50 0/0, d'après M. Schnorf, l'inventeur du procédé. On peut l'appliquer avec un gros pinceau, avec un tampon de chiffons fixé au bout d'un manche en bois, ou mieux encore avec le pulvérisateur Riley : cet appareil, d'après les expériences faites à l'Ecole d'agriculture de Montpellier, permet d'opérer

cinq fois plus vite et avec moins de liquide qu'avec le tampon. D'après M. P. Skawinski, on aurait obtenu les meilleurs résultats de l'emploi du sulfate de fer de fabrication récente, qui renfermait 1 % d'acide sulfurique : l'acide semble donc l'agent actif dans le procédé que nous venons d'indiquer, et la formule suivante, qui a donné les meilleurs résultats, doit être employée de préférence :

Sulfate de fer, 50 kilogr.

Acide sulfurique (versé sur le sulfate), 1 litre.

Eau bouillante, 100 litres.

Cette matière est appliquée à chaud sur les vignes à la fin de l'hiver. La souche noircit après le traitement, et le sulfate de fer prend une couleur rougeâtre : le traitement est sans danger, même lorsque les bourgeons sont déjà gonflés. Il donne lieu à un retard de 8 à 15 jours dans la végétation (1).

2° LE CHANCRE NODULEUX.

(Pl. IV, fig. 1-12.)

Nous distinguons, sous ce nom, un chancre qui se produit sous l'action du puceron lanigère et d'un champignon; c'est le puceron lanigère qui se montre d'abord, le champignon apparaît ensuite.

Tout le monde connaît le puceron lanigère, qui dénote sa présence sur les arbres par la présence de flocons blancs, souvent très abondants (Pl. IV, fig. 1, A) : c'est sous ces flocons dont il s'entoure, que le puceron travaille à son œuvre de destruction ; on connait moins les modifications internes qu'il détermine dans la structure des rameaux. Ce sont ces modifications qui nous permettront de saisir le rôle du champignon; nous résumerons tout d'abord les

(1) Cours complet de viticulture, par G. Foëx, 3e édition, 1891.

faits concernant la manière d'être du puceron lanigère (1).

Le puceron lanigère se tient à la partie basse inférieure des branches et des rameaux et aussi sur les racines ; il est abrité par un épais duvet ressemblant à de la ouate et ne se mouillant pas à l'eau : il se multiplie activement.

D'après des observations de Kessler (2) du 18 mai au 12 septembre, dix générations se sont produites : on aperçoit déjà, lorsque la sève commence à monter au printemps, le puceron lanigère, sous forme de petites taches blanches qui se multiplient rapidement et grossissent ; tous les quatorze jours se montre une nouvelle génération. Les individus de chaque génération s'établissent à l'endroit de leur naissance, ou sur les bords de la blessure déjà formée, ou enfin vont s'établir sur un jeune rameau. De la fin d'août jusqu'au commencement d'octobre, on trouve, au milieu d'une grande quantité d'individus aptères, quelques formes ailées ; ces derniers donnent naissance à des individus aptères, mais sexués ; les femelles de cette génération pondent un œuf presque toujours sur place ; un jeune puceron sort de l'œuf, se nourrit sur les bords du chancre et il passe l'hiver à cet endroit : les pucerons ne descendent donc pas sur les racines en vue de l'hibernation. On n'en constate pas moins la présence, au collet de l'arbre et sur les racines, de nombreux pucerons et de galles, ce qui indique la possibilité pour les colonies de séjourner sous terre.

Les individus ailés jouent un grand rôle dans la propagation de la maladie aux grandes distances ; et il est bon

(1) Prillieux. Tumeurs produites sur le bois des pommiers par le puceron lanigère (Bull. Société Botanique de France, p. 144-151, 1875). Frank. Die Krankheiten der Pflanzen, 2e édition, p. 719-721, fig. 134, Breslau, 1881. Sorauer. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 2e édition, p. 792-798, Berlin, 1886.

(2) Kessler. Die Entwicklungs und Lebensgeschichte der Blutlaus, *Schizoneura lanigera* Hausm. (Tagebl. d. Naturf. Verf, 1884.)

de noter que le puceron lanigère a une préférence marquée pour certaines variétés.

Le puceron lanigère du poirier a été considéré par Gothe comme une variété qu'il désigne sous le nom de *Schizoneura lanigera*, var. *piri* (1).

Les pucerons, à l'endroit où ils sont fixés, enfoncent leur trompe perpendiculairement à travers l'écorce molle jusqu'à la zone cambiale pour y puiser leur nourriture ; sous l'influence de l'irritation causée, les rameaux se déforment (Pl. IV, fig. 1) ; des nodosités irrégulières se produisent qui, plus tard, se crevassent suivant la direction du rameau.

Une section transversale de ce rameau, au début de l'altération, montre que, dans toute la partie soumise aux piqûres des pucerons, la zone génératrice a cessé de fonctionner normalement ; le méristème interne, au lieu de se différencier en bois comme à l'ordinaire, reste à l'état de parenchyme ; les cellules qui constituent ce parenchyme possèdent des noyaux (Pl. IV, fig. 4) ; il est possible de s'en assurer en colorant des sections minces au moyen de l'hématoxyline. L'action du puceron est donc de maintenir aux éléments provenant de la zone génératrice leur vitalité, d'empêcher leur lignification et leur transformation en éléments inertes.

Ce parenchyme constituant la tumeur (Pl. IV, fig. 2, T) est très abondant, et c'est lui qui détermine les nodosités de la surface du rameau ; il peut être parcouru çà et là par de gros vaisseaux réticulés ponctués.

Si l'action du puceron lanigère s'est exercée sur un très jeune rameau, l'altération débute au voisinage immédiat de la moelle ; elle peut s'étendre sur une grande partie de la circonférence (Pl. IV, fig. 3), ou être limitée à un seul côté, suivant le nombre des points attaqués ; si les puce-

(1) Gothe (Gartenzeitung zu Wittmack, 9 octobre 1884)

rons sont détruits, ou s'ils viennent à disparaître pour une cause ou pour une autre, la zone cambiale recommence à fonctionner normalement et à donner du bois; mais, en général, il n'en est pas ainsi : l'hypertrophie locale de la tumeur amène une déchirure de l'écorce ; les jeunes rameaux attaqués présentent presque tous une fente longitudinale qui s'élargit et met à nu le tissu même de la tumeur.

C'est à ce moment que le champignon se montre et vient compléter l'œuvre de destruction : mon attention a été appelée sur lui, au commencement d'avril 1891 ; on me signala, à Saint-Christophe de Jambet (Sarthe), une pépinière dans laquelle la plupart des arbres étaient très sérieusement endommagés et malades ; le propriétaire ne savait que faire pour sauver ses arbres. Je reconnus bien vite la présence du puceron lanigère : mais il n'était pas seul : il y avait, en outre, un champignon parasite qui, pénétrant à l'intérieur des tissus, les désorganisait et finalement amenait la mort des jeunes branches ; la section d'une jeune branche (Pl. IV, fig. 5) montre le parenchyme des tumeurs entièrement envahi par un fin mycélium : ce mycélium est constitué par des tubes à cloisons plus ou moins espacées ; il y a de fréquentes anastomoses entre les divers filaments. Le champignon a vite fait de détruire les cellules qui constituent les tumeurs : les cellules corticales sont également atteintes, et la branche meurt tout entière au-dessus de ce chancre.

Les fructifications qui se produisent sur ces chancres sont de plusieurs sortes : en s'aidant d'une bonne loupe, on voit dans le fond et sur les bords de la crevasse (Pl. IV, fig. 6) de petits buissons noirs A et de petites sphères rougeâtres O. Les petits buissons, examinés au microscope, se montrent formés par des filaments mycéliens dressés (fig. 7) ; ils sont cloisonnés une ou plusieurs fois ; leur partie inférieure est de couleur noire ou brune, la

partie supérieure reste souvent incolore et elle produit des spores arrondies ; quelquefois l'article terminal se prolonge en un filament allongé et ténu.

Les sphères rouges ont leur surface couverte de papilles (fig. 8) ; il s'en détache de nombreuses spores ou conidies falciformes : elles sont unicellulaires ou cloisonnées plusieurs fois (Pl. IV, fig. 8).

Enfin, il existe un troisième mode de fructification. A l'intérieur de l'écorce du chancre, se trouvent des cavités sphériques ou irrégulières, dans lesquelles se produisent une quantité innombrable de conidies (Pl. IV, fig. 10, B) ; la paroi de ces cavités est très épaisse ; elle est formée par un stroma noir, dense ; ce stroma devient incolore sur la face interne de laquelle se détachent les spores ; ces cavités se creusent à côté les unes des autres dans le même stroma F ; elles se montrent, au début, comme une tache claire, entourée par un anneau noirâtre ; on distingue, plus tard, à la surface de cet anneau, un réseau régulier (Pl. IV, fig. 9).

Les conidies qui sortent en nuage de ces cavités (Pl. IV, fig. 11) sont arrondies et unicellulaires ; elles prennent bientôt une forme elliptique ; une cloison transversale les sépare en deux cellules ; elles germent avec la plus grande facilité, soit dans l'eau pure, soit dans un liquide nutritif ; elles développent généralement, aux deux pôles opposés (Pl. V, fig. 2), un filament qui s'allonge, se ramifie, s'anastomose (Pl. V, fig. 5), avec les filaments voisins (Pl. V, fig. 3) ; dans quelques cultures, les filaments avaient pris une couleur rouille très prononcée ; d'autres germinations s'étaient colorées en brun ; le cloisonnement des tubes n'est pas régulier, la distance d'une cloison à l'autre étant variable.

La germination des spores falciformes septées n'offre rien de particulier (Pl. V, fig. 6).

Dans du jus d'orange stérilisé, les conidies germent

avec une vigueur remarquable (Pl. V, fig. 1); leur grosseur augmente de plus de moitié ; le protoplasma est hyalin ; il ne renferme que quelques rares granules réfringents.

Ces germinations rappellent exactement celles du *Cucubitaria elongata* et du *Diplodia mamillana* qui ont été figurées par Banke dans un travail fort intéressant (1).

Au bout de trois jours de culture dans le jus d'orange, les germinations qui se trouvaient au bord de la goutte d'eau ensemencée, dans la chambre de culture, ont développé, *dans l'air*, un appareil conidien nouveau (Pl. V, fig. 8).

Tout ce développement est bien celui d'un champignon pyrénomycète.

Les dégâts causés par le puceron lanigère sont connus depuis longtemps; mais c'est probablement la première fois qu'est signalée l'action spéciale du champignon parasite; lorsque le puceron lanigère est seul, la zone génératrice peut reprendre son fonctionnement normal: l'arbre est moins vigoureux; il est déformé ; mais, en général, les branches ne meurent point; si au contraire le champignon se développe, la zone génératrice est détruite, les rameaux se dessèchent au-dessus des chancres.

Dans le traitement de la maladie, il faut s'adresser d'abord au puceron lanigère, et les moyens indiqués pour sa destruction ne manquent point.

Voici quelques formules recueillies, à notre intention, par un ami, dans divers journaux d'horticulture :

1° Retrancher en hiver les branches inutiles, couper les exostoses du bois, badigeonner le tout avec solution de savon noir très chaude ou d'huile ; recouvrir d'onguent de Saint-Fiacre.

(1) Dr Banke. Beitrage zur kenntniss der Pyeniden. I. (Nova Acta Leop. Carol. Bd XXXVIII, n° 5.)

2° Brosser énergiquement le puceron avec une brosse imprégnée de

Brouet de savon noir.

$\frac{5}{10}$ de jus de tabac

$\frac{3}{4}$ de terre argileuse

$\frac{1}{4}$ de bouse de vache.

Notre correspondant veut bien ajouter qu'il a obtenu d'excellents résultats en pulvérisant directement de l'essence de pétrole sur le puceron.

Dans ce qui précède, la destruction du puceron vivant sur les racines ou au collet de l'arbre est négligée. Gothe conseille une forte fumure plusieurs fois répétée, avec du jus de fumier, ou encore le mélange de terre et de chaux. Pour empêcher les pucerons de grimper à l'arbre, on enduit la base de celui-ci d'une substance gluante, d'une ceinture de goudron, par exemple.

On emploie également, dans le même but, d'après Sorauer, une solution de 50 gr. de savon jaune napolitain dans un litre d'eau, lorsqu'il s'agit du puceron lanigère : 30 gr. par litre suffisent pour détruire les pucerons des feuilles.

Enfin, l'eau phéniquée à 5 ou 6° B, qui est employée pour la destruction des fourmis, rend également de bons services.

L'application d'une huile ou d'un corps gras suffit en général.

Ce ne sont pas les moyens qui manquent pour lutter contre les chancres noduleux : il serait à désirer que des expériences sérieuses fussent instituées pour se rendre compte de la valeur relative de ces divers procédés.

En ce qui concerne le champignon parasite, la plupart de ces procédés ont une action directe sur lui ; mais lorsqu'il a pris son entier développement, le mieux, à notre avis, est d'enlever, de sectionner les branches malades et de les brûler. Nous avons vu quels millions de germes,

de spores peut fournir un simple point contaminé; nous avons constaté avec quelle facilité ces spores germent dans l'eau ; il serait utile de chercher si ces spores peuvent également germer dans les liquides employés pour la destruction du puceron, et employer celui dans lequel la germination de ces spores est impossible.

Il faut enfin considérer que le champignon ne peut se développer qu'à partir du moment où les crevasses se produisent dans l'écorce : sa période d'activité succède donc à celle du puceron ; ce dernier travaille du printemps à l'automne : le champignon détruit les tissus, de l'automne au printemps ; il faut donc traiter les chancres de bonne heure et ne pas attendre le milieu de l'hiver.

Nous avons cherché si le champignon réduit à ses propres forces, c'est-à-dire agissant en l'absence du puceron lanigère, pouvait causer aux arbres des dommages sérieux; nous sommes arrivé à une conclusion négative.

En effet, nous avons retrouvé ce champignon sur des branches de poirier (Pl. V, fig. 7) : il était seul : or, les chancres étaient petits, constitués par une petite fente à fond noir entourée par des écailles de l'écorce qui se brisait tout autour ; une section transversale, intéressant ces chancres, montrait avec pleine évidence qu'ils étaient tout superficiels; la partie corticale, nécrosée (Pl. V, fig. 10), était séparée du reste de l'écorce par une zone génératrice ; cette zone génératrice formait vers l'intérieur des éléments sains de phelloderme, alors qu'extérieurement elle développait un liège qui se détachait en écailles.

C'était bien le même champignon ; les sections du stroma noir fournissaient une quantité considérable de spores bicellulaires caractéristiques (Pl. V, fig. 9), les unes déjà noires, les autres incolores, beaucoup unicellulaires et décroissant de taille par transition insensible ; de plus, en

culture, ces spores ont donné naissance à l'appareil conidien déjà signalé comme se développant dans l'air humide (Pl. V, fig. 11-12).

3° LE CHANCRE PAPILLAIRE.

(Pl. VI, fig. 1-10.)

Cette sorte de chancre ne semble pas fréquente : nous l'avons rencontrée amenant la déformation d'un jeune arbre, dans un pré humide (Pl. VI, fig. 1) ; il se développe aussi bien sur la tige que sur les rameaux ; il forme des plages plus ou moins larges, plus ou moins régulières, montrant de nombreuses papilles autour desquelles l'écorce est soulevée, déchirée (Pl. VI, fig. 2). Ces papilles sont des racines adventives arrêtées dans leur développement ; autour de celles qui meurent, de nouvelles se produisent, et le chancre, gagnant en surface, arrive quelfois à entourer un rameau complètement. Les jeunes racines constituant les papilles du chancre ne présentent rien de remarquable : elles restent toujours très courtes ; une section transversale montre un cylindre central comprenant de 5 à 8 faisceaux ligneux et tout autant de faisceaux libériens ; dans quelques-unes de ces racines, l'assise génératrice libéro-ligneuse normale a fonctionné pendant quelque temps et a produit un anneau ligneux et un anneau de liber secondaires. L'écorce est épaisse : on y trouve une quinzaine d'assises de cellules recouvertes de liège.

Si l'on cherche à se rendre compte de la façon dont cette altération débute, voici ce que l'on observe. Les rameaux de trois ou quatre ans paraissent indemnes ; mais de nombreuses sections transversales de ces rameaux permettent de constater l'existence de nombreux bourgeons

dormants (Pl. VI, fig. 3), de ceux qui sont désignés par Hartig sous le nom de « proventivknospe (1) » ; on les reconnaît facilement à leur point de végétation coloré en rose au milieu des cellules corticales.

Ce point de végétation (Pl. VI, fig. 3, D) ne donne chaque année qu'une couche annulaire de bois qui entoure la moelle : elle est d'épaisseur égale aux couches ligneuses annuelles de la branche-support, de sorte que le bourgeon rudimentaire reste sous l'écorce; le bois (fig. 3, O) formé par ce bourgeon est dépourvu de vaisseaux; il est constitué exclusivement par du parenchyme lignifié; les cellules de ce parenchyme ont leurs membranes ponctuées et les cloisons transversales horizontales ou légèrement obliques (Pl. VI, fig. 9) ; on y trouve une grande quantité d'amidon, comme dans les rayons médullaires.

Les modifications qui précèdent la formation des racines sont les suivantes :

Les cellules de la moelle du rudiment de rameau se détruisent peu à peu ; il semble probable que la gelée joue un rôle important dans ce cas, en amenant des déchirures dans ces cellules médullaires : ces déchirures peuvent également résulter d'une accumulation de cristaux se produisant dans le cercle externe. Quoi qu'il en soit, une zone génératrice fonctionne activement, à ce moment, ajoutant du tissu ligneux à celui qui existait déjà et produisant vers l'intérieur un parenchyme destiné à remplacer le tissu médullaire. Une section perpendiculaire à l'axe de ce rameau rudimentaire montre donc, à partir du centre (Pl. IV, fig. 4) : 1° la moelle M en voie de destruction ; 2° une déchirure ou une lacune ; 3° une zone de cellules cristallifères ; 4° du parenchyme F destiné à former la moelle secondaire ; 5° la zone génératrice ; 6° l'anneau ligneux B qui s'étend jusqu'au bois P de la branche-support.

(1) Consulter : Sorauer. Pflanzenkr. Loc. cit. p. 719-710.

Ultérieurement, la moelle se ramifie pour ainsi dire (Pl. VI, fig. 5), par un phénomène facile à comprendre : la zone génératrice ne fonctionne pas avec la même activité en tous les points ; il se produit ainsi des anfractuosités dans le contour général ; les deux bords de la zone génératrice finissent par se rejoindre enfermant au milieu du bois un îlot de parenchyme secondaire (fig. 40) ; cet îlot emporte avec lui sa zone génératrice et il peut, par le même procédé, se ramifier à son tour. On arrive ainsi, plus tard, à des dispositions extrêmement irrégulières et variées, qu'il aurait été impossible d'interpréter, sans une étude de toutes les phases du développement ; des masses irrégulières de bois se trouvent isolées, au milieu du parenchyme secondaire provenant de leur zone génératrice (fig. 10) ; et la disposition, les rapports de ces masses changent avec le niveau de la section. Sur ces coupes, on rencontre çà et là, au milieu du parenchyme, des sections de racine, les unes encore à l'état de méristème, les autres parvenues à leur période de différenciation libéro-ligneuse primaire ; quelques-unes ayant déjà produit une assez grande quantité de bois et de liber secondaires.

En faisant une série de sections tangentielles à la branche chancreuse, nous pourrons trouver les relations des racines adventives avec leur support : ces sections sont perpendiculaires naturellement à l'axe du bourgeon rudimentaire.

Une première section, faite dans ces conditions, et près de la surface, offre (Pl. VI, fig. 6) :

1° La trace du pétiole de la feuille qui s'est trouvé relevé par le chancre et qui par suite est compris dans la coupe : on y voit un faisceau médian F important, et, de chaque côté, deux faisceaux latéraux F.

2° Sous cette trace foliaire, un tissu jeune parenchymateux avec de nombreux points de végétation de racines O.

La prolifération des cellules débute en plusieurs points au contact d'une déchirure des tissus ; au-dessous se forme un anneau ligneux irrégulier A, et à côté un autre petit massif ligneux.

3° Une zone de cellules M, renfermant des cristaux ; cette zone s'étend latéralement à droite et à gauche.

4° Un ensemble à contour arrondi comprenant la section de cinq racines R, à divers états de développement ; à droite et à gauche deux massifs ligneux B ; ils sont dépourvus de vaisseaux et constitués par le parenchyme lignifié ponctué : à leur surface, se trouve la zone génératrice qui fonctionne comme il a été dit précédemment ; extérieurement les fibres libériennes I de la branche-support coupées longitudinalement et l'écorce de cette même branche.

Les sections plus profondes montrent que les cinq racines centrales viennent se mettre en relation avec les deux massifs ligneux (fig. 7) ; la zone cristalligène a disparu et les massifs ligneux B sont entourés directement par le bois P de la branche-support ; on distingne facilement ce dernier à la présence des rayons médullaires courts à un, deux ou trois rangs de cellules.

Dans la partie qui avoisine les faisceaux foliaires, les modifications sont légères : l'anneau ligneux A s'est entr'ouvert, et les sections de racines sont à un stade de différenciation différent.

Il existe, selon les chancres étudiés, des dispositions plus ou moins compliquées ; mais ce seul exemple nous suffit pour comprendre leur formation.

Nous avons rencontré une fois une racine double sous une écorce commune : l'une possédait 6 faisceaux distincts ; la seconde n'en possédait que quatre réunis par des productions secondaires ; à un niveau plus élevé, ces deux racines se séparent complètement : il y a là une sorte de dichotomie.

Le chancre papillaire des arbres fruitiers n'a pas une

importance bien grande au point de vue pratique : il paraît ne se développer que très rarement, dans des conditions difficiles à préciser; toutefois l'humidité du terrain, la gelée, la prédisposition de l'arbre à former de nombreux bourgeons dormants sont certainement des facteurs importants dans cette maladie ; si elle se généralisait, il faudrait compter avec elle ; mais, pour l'instant, il n'y a lieu de la connaître que pour éviter de la confondre avec d'autres plus importantes : le premier soin, dans le traitement, devra être le drainage du sol.

Chez les *Biota*, on trouve quelquefois des productions analogues (1).

4° LE CHANCRE ORDINAIRE.

(Pl. VII, fig. 1-7.)

Les poiriers, dans les jardins, montrent assez fréquemment une altération qui est assez bien connue, et que nous étudions ici pour cette raison, sous le nom de chancre ordinaire : il se produit sur les grosses branches et les rameaux des dénudations irrégulières ; l'écorce se fragmente, s'exfolie en plaques irrégulières (Pl. VII, fig. 1). Beaucoup d'arbres présentent des traces de cette maladie ; mais un petit nombre seulement sont sérieusement atteints. Nous avons observé un bon exemple de ce dernier cas dans un jardin à Caen. L'arbre était placé à l'ombre près d'une tonnelle ; il était littéralement couvert de ces chancres et sa végétation était languissante ; on supprima une partie de la tonnelle qui entretenait une humidité constante, favorable au développement du parasite ;

(1) Lignier. Note relative à des protubérances observées sur des branches de *Biota* (Bulletin Société Linnéenne de Normandie, 1887-1888).

les branches atteintes furent sectionnées, et les nouvelles branches se montrèrent indemnes et vigoureuses ; on aurait pu, comme nous le verrons tout à l'heure, compléter le traitement.

Le parasite qui produit ces chancres est bien connu ; c'est le *Fusicladium pyrinum*.

« *F. pyrinum* (Lib) Fuck Symb. Myc. p. 357 Sacc. Mich. II, p. 555 Ericks. Odlad. t. VII, Helminthosporium pyrinum Lib. Exs., n° 188, Fusiclad. virescens Bon Handb, p. 80, t. 94.

« Effusum, olivaceum velutinum ; conidiis ovato-fusoideis, 28-30 7-9, continuis (semper ?) guttulatis, olivaceis : hyphis brevibus, teretibus ad apicem denticulatis.

« Hab. in utraque, sæpius inferiore pag. foliorum *Piri communis* in *Germania, Italia, Austria, Lusitania* (Saccardo) Sylloge Fungorum, V. IV, p. 346). »

Pour l'observer, il suffit de faire une section au travers de l'un de ces chancres : on trouve une série de proéminences formées par un stroma mycélien très dense : les filaments qui composent ce stroma, arrivent de la profondeur de l'écorce, écartant les cellules, les désorganisant; à la surface de ce stroma, se produisent les fructifications (Pl. VII, fig. 2) ; de courts filaments se dressent perpendiculairement au support; ils portent les spores : le même filament peut en produire plusieurs insérées en des points différents (Pl. VII, fig. 3) : elles germent dans l'eau pure au bout du premier jour de culture ; le filament germinatif se développe rapidement en se cloisonnant çà et là (fig. 4). Quelques-uns de ces filaments ont fourni, à leur tour, de nouvelles spores dans les cultures (fig. 4); elles étaient de grande taille et portées sur de courtes ramifications latérales. Dans ces mêmes cultures, bon nombre de filaments ont renflé quelques-unes de leurs cellules : dans ces cellules renflées, la membrane s'est épaissie, a pris une couleur noirâtre : le protoplasma est devenu oléagineux : ces formations peuvent être considérées comme des

kystes (Pl. VII, fig. 7); elles étaient nombreuses dans les cultures au jus d'orange stérilisé.

La comparaison des fig. 5 et 6 permet de voir comment agit le parasite sur un jeune rameau : les deux sections sont faites sur le même rameau : la première (fig. 5) à un endroit sain ; la seconde au travers d'un chancre (fig. 6). Le parasite a complètement rongé la partie externe de l'écorce E ; il atteint les groupes fibreux F dont quelques-uns sont déjà exfoliés. On constatait également que l'écorce avait une plus grande épaisseur entre les deux cercles de fibres dans le rameau attaqué.

Il est très important de débarrasser les arbres de ce parasite : en effet, il cause de graves altérations sur les fruits ; et si les rameaux sont atteints, les fruits le seront aussi presque fatalement.

Pour le traitement, on doit employer de préférence la bouillie bordelaise, l'eau céleste ou la solution ammoniacale de carbonate de cuivre ; en même temps, ne pas craindre de supprimer les branches chancreuses ; diminuer également l'humidité du milieu, en taillant les arbres ou les haies voisines qui portent ombre.

5° LA GÉLIVURE DU POMMIER ET DU POIRIER.

Le froid détermine quelquefois, à la surface des tiges ou des rameaux, la production de galles, de gerçures, de chancres qu'il est important de ne pas confondre avec ceux qui proviennent de l'action du *Fusicladium* ou de la formation de racines adventives.

Quelques détails intéressants nous sont fournis sur cette altération par Sorauer (1) : il l'a observée en Allemagne, en 1890, au printemps ; de nombreux échantillons

(1) Sorauer. Uber Frostschorf an Apfel und Birnenstammen (Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten, I Band, 1891, p. 137-145).

malades lui ont été envoyés de divers points. Cette maladie a été désignée du nom de « frostschorf ». En cette même année 1890, au commencement de juin, en diverses localités, les pommes de terre et les haricots furent gelés.

Ces froids tardifs se firent sentir sur les arbres fruitiers, mais non également sur toutes les variétés. L'effet fut d'autant plus désastreux qu'ils survenaient après une période de température relativement élevée : ils produisirent des troubles profonds dans l'organisation des tissus de l'écorce et du bois : les cellules de la moelle et celles de l'écorce prenaient une couleur brune, dans leur contenu et dans leur membrane. Sorauer donne une figure de l'écorce, montrant les déchirures produites et la formation de zones génératrices autour de ces blessures.

On doit faire disparaître les galles lorsqu'elles se sont produites dans ces conditions. Comme traitement préventif, il ne peut guère être question que d'une chose : entourer les arbres de jonc ou de paille, dans le cas de froids tardifs. Enfin, les horticulteurs doivent avoir en vue que ce sont les variétés délicates, à croissance vigoureuse, rapide, qui sont le plus sujettes aux atteintes, et que s'ils bornent leurs cultures à ces variétés, ils courent le risque de les voir entièrement disparaître à la suite d'un mauvais hiver.

Notons seulement ici qu'un magnifique pommier placé au jardin botanique de Caen est mort dans des conditions analogues : à la suite de ces froids, il s'était recouvert avec une rapidité inouïe des fructifications du *Trichotecium roseum* ; ce champignon formait sur le tronc et les branches qui conservaient encore leur couleur normale, des pustules rouges, entourées par l'écorce soulevée.

6° LA POURRITURE DU BOIS.

(Pl. VII, fig. 9-15.)

Cette altération se montre très fréquemment sur les vieux arbres dans les vergers : elle se rencontre également sur des arbres plus jeunes qui ont subi des amputations de branches assez grosses, soit intentionnellement, soit par accident.

Cette maladie est due à un champignon parasite, le *Polyporus sulphureus* Bull., qui se développe non seulement sur les arbres fruitiers, mais encore sur le chêne, l'aune, le peuplier, le noyer, etc. Ce Polypore a été bien étudié, au point de vue de son action sur les tissus, par Hartig (1), alors que sa structure a été complètement élucidée par J. de Seynes (2).

Tous les ans, le Polypore sulfurin développe à la surface de l'arbre attaqué, de gros réceptacles (Pl. VII, fig. 9) dont quelques-uns pèsent plus d'une livre : ils débutent sous la forme d'une masse charnue de couleur soufrée ; la substance en est molle et imprégnée d'un liquide jaunâtre ; ces masses s'étalent en croûtes irrégulières perpendiculaires au support, en raquettes aplaties, en dômes; en même temps la consistance se modifie ; les tissus deviennent secs, cassants, la coloration passe au brun sur la surface supérieure stérile ; la surface inférieure fertile montre une grande quantité de pores tapissés intérieurement par l'hyménium.

Dans une observation, l'année dernière, j'ai remarqué, sur un exemplaire développé en juillet, qu'un mois avait suffi pour la série de ces transformations.

(1) Hartig. Die Zersetzungserscheinungen des Holzes, Berlin.

(2) J. de Seynes. Recherches pour servir à l'histoire naturelle des végétaux inférieurs. II, Polypores, 1888, Paris.

Lorsqu'il existe une cavité dans l'arbre, le Polypore, gêné dans son développement, peut former une croûte irrégulière qui tapisse l'intérieur de cette cavité.

D'où viennent ces fructifications? Si l'on examine l'arbre au point d'attache du chapeau fructifère du Polypore, on trouve à cet endroit une blessure qui se continue à l'intérieur par un tissu mardré, carié (Pl. VII, fig. 10); cette partie intermédiaire entre le réceptacle et le mycélium est désignée par Hartig sous le nom de tissu spongieux. Quant au mycélium, c'est à l'intérieur même de la branche ou du tronc qu'il exerce son action (fig. 10, M). Une section transversale du bois présente à partir de l'extérieur (Pl. VII, fig. 11) : 1° une couche plus ou moins épaisse de bois inaltéré B ; 2° une zone annulaire de couleur brune ou noire, dans laquelle les membranes des éléments du bois ont subi une transformation gommeuse O ; on passe avec transitions ménagées à la partie centrale de couleur blanchâtre ; elle est friable et se désagrège à partir du centre.

Dans cette partie centrale (Pl. VII, fig. 12), chaque couche annuelle de bois est séparée de la voisine par un feutrage jaune dû à l'enchevêtrement des filaments mycéliens du parasite; d'autres feutrages rayonnent ou sont dispersés de façon variable : ainsi s'explique la désagrégation du bois.

Le mycélium qui forme ces feutrages est constitué par des tubes étroits (fig. 13), ayant environ 21 μ de diamètre; ils sont cloisonnés, ramifiés ; ce sont ces filaments qui perforent les éléments du bois, amenant des déchirures dans les membranes, digérant la paroi des fibres qui s'amincit considérablement (fig. 14), absorbant les matériaux hydrocarbonés renfermés dans ces tissus. La partie du bois ainsi attaquée s'étend assez souvent beaucoup suivant l'axe (fig. 10, M).

Outre les spores qui se produisent à l'intérieur des tubes

sous le chapeau fructifère, il en existe d'autres désignées sous le nom de conidies. Les conidies, ainsi qu'il résulte du travail de J. de Seynes, peuvent se présenter dans trois conditions différentes : 1° sur le mycélium; 2° à l'intérieur du réceptacle sporifère ; 3° dans des réceptacles spéciaux.

Les premières avaient été attribuées d'abord par Hartig à une seconde espèce de champignon. J. de Seynes a prouvé que ces conidies appartenaient bien au Polypore : ce sont les filaments mycéliens qui, en certains points (fig. 15), bourgeonnent activement, donnant naissance à des spores globuleuses, à paroi lisse : elles ont un diamètre de 6 à 8 μ : elles offrent, en un point, une sorte d'appendice qui représente le point d'attache avec la cellule-mère. Les conidies qui se forment à l'intérieur du réceptacle sporifère, ne diffèrent que très peu des premières.

Enfin, quelques réceptacles ne présentent pas de pores à la face inférieure du chapeau ; ils sont plus petits, globuleux ou ovoïdes : on les désigne sous le nom de *Ptychogaster aurantiacus*, et ils ne portent que des conidies.

Ce parasite est bien doué au point de vue de la propagation de l'espèce : heureusement, il ne pénètre dans le bois que lorsque celui-ci est mis à nu par une blessure ; il est donc nécessaire de recouvrir les blessures par un des mastics appropriés qui se trouvent dans le commerce ; il faut éviter que la surface des sections ne reçoive directement l'eau de pluie, et, d'une façon générale, empêcher tout contact direct du bois et des agents atmosphériques.

Enfin, lorsque des arbres fruitiers sont attaqués, il est bon de détruire chaque année par le feu les Polypores, non seulement sur ces arbres, mais encore sur les chênes du voisinage, les châtaigniers, les noyers. J'ai remarqué, dans un verger à Ségrie (Sarthe), plusieurs pommiers atteints par cette pourriture, et cela bien qu'ils ne fussent pas très âgés ; or il existait, au voisinage, de nombreux chênes, qui présentaient également des réceptacles de

Polyporus sulfureus : la maladie pouvait se communiquer des uns aux autres. Il est d'autant plus facile de détruire cette espèce qu'elle présente des qualités alimentaires éprouvées, et précisément alors que le chapeau est jeune et que la masse est d'un beau jaune et de consistance caséeuse.

La pourriture du bois est encore produite quelquefois par un autre champignon du même groupe : l'*Hydnum Schiedermayri* (1); le mycélium de ce parasite se répand dans le bois et lui communique, en le désorganisant, une couleur vert jaunâtre et une odeur caractéristique d'anis. Ce parasite s'attaque de préférence aux pommiers ; mais on l'a rencontré également sur les poiriers.

Nous terminons ici ce qui regarde les altérations de la tige et des rameaux, laissant de côté pour l'instant ce qui a trait à certaines hypertrophies très prononcées des branches : elles n'ont d'ailleurs, au point de vue pratique, qu'un faible intérêt.

(1) F. von Thümen. Ein wenig gekannter Apfelbaum-Schadling (Zeitschrift fur planzenkrankheiten, I Band, 3 Heft, 1891).

CHAPITRE III

ALTÉRATIONS DES FEUILLES

1° LA FUMAGINE DES FEUILLES.

(Pl. VIII, fig. 1-18.)

Cette maladie est très répandue un peu partout : en France, en Allemagne, en Italie, aux Etats-Unis, etc. Elle est due à un champignon parasite, le *Fusicladium dendriticum*, caractérisé par *Saccardo* de la manière suivante (1) :

« Fusicladium dendriticum (War.) Fuck. Symb. myc. p. 357. Eriks. Odlad. tab. VI. Sacc. F. ital. tab. 782, Clad. dendr. Wallr. Flor. crypt. II, p. 169.

Effusum, velutinum, olivaceum, sæpe epiphylum, dendriticum ; hyphis filiformibus, erectis, fasciculatis, 50-60 » 5, parce septatis ; conidiisapicalibus, fusoideo-obclavatis : 30-7 » 9, diu continuis tandem 1-septatis, non constrictis, olivaceis.

Hab. in foliis languidis Piri communis et Piri mali in *Germania, Italia, Gallia, Austria, Belgio.* — Var. orbiculatum (Desmaz. Exs. n° 1843) ; caespitulisamphigenisorbicularibus, 3-6 mm. diam. ; ambitu dendriticis; conidiis sub piriformibus 15-20 μ longis ; basidiis brevissimis. In foliis *Sorbi torminalis Aucupariae, Crataegi Pyracanthae*, in Germania, Gallia, Italia, Britania, Lusitania, Belgio. — Var. Sorameri (Thüm) *Napicladium Soraureri*. Thüm M. U. N. 91 ; hyphis brevioribus, simplicibus, sub articulatis, erectis, conidiis napiformibus obtusis, vel ovoideo oblongis, 1 septatis, raro simplicibus, 2-4 guttulatis, pallide fuscis 18-22 » 4-5. In malorum vivorum

(1) Saccardo. Sylloge Fungorum. V, p. 345-346.

epidermide in *Bavaria*, *Gallia*, etc. Huc verisimiliter *Spilocæa Pomi* Fr. »

Les feuilles du pommier et du poirier se couvrent, au commencement de l'été, d'une couche noire ressemblant à de la suie ; ces taches se montrent à la face supérieure et à la face inférieure du limbe ; elles sont arrondies ou irrégulières. Lorsqu'elles sont arrondies (Pl. VIII, fig. 6 T), on voit les lignes du mycélium rayonner autour du centre de développement; d'autres fois, surtout avec les feuilles couvertes de nombreux poils, la face inférieure du limbe est entièrement teintée de noir.

L'importance de cette maladie nous a engagé à entreprendre une étude complète du champignon : elle nous a permis d'ajouter de nombreux résultats à ceux, très incomplets, que l'on possédait (1).

En grattant simplement la feuille avec un scalpel, on observe déjà des particularités qui paraissent avoir complètement passé inaperçues : ainsi, tous les poils épidermiques contiennent de nombreux filaments mycéliens qui se croisent et s'entre-croisent (fig. 10, 14, 16) : ils sont cloisonnés çà et là.

Quand on les conserve dans une chambre humide, ils développent bientôt, à l'extérieur du poil, des tubes mycéliens, pouvant contracter des anastomoses (fig. 14) : j'ai observé fréquemment la formation sur ces tubes de courts ramuscules d'aspect particulier ressemblant à des rhizoïdes (Pl. VIII, fig. 15).

Le mycélium contenu dans le poil épidermique donne quelquefois à l'extérieur des ramuscules qui produisent des spores à leur extrémité.

Le grattage de la feuille fournit d'autres aspects du parasite : ce sont des croûtes noires, d'aspect variable

(1) Consulter : Briosi et Cavara. I Funghi parasite delle piante coltivate od utili essiccati, delineati e descritti. Pavia.

(fig. 13), formées par l'agglomération de cellules à membrane épaisse : ces croûtes développent des filaments nombreux de mycélium dans les chambres de culture au bout d'un certain temps.

On rencontre également en masses considérables des corpuscules à membrane colorée, à forme conique (Pl. VIII, fig. 9, *s*) : ce sont des conidies ou spores dont l'origine nous sera révélée tout à l'heure ; enfin quelques spores allongées, cloisonnées (fig. 17), représentées en germination, ainsi que d'autres de forme différente.

Les sections minces de la feuille vont nous en apprendre davantage : le parasite ne vit point à la surface de la feuille : il s'introduit entre la cuticule et la couche cellulosique interne des cellules épidermiques (fig. 1, M) : là, sa membrane reste incolore, mince : il se nourrit aux dépens du protoplasma des cellules épidermiques dont il n'est séparé que par une cloison d'épaisseur insignifiante ; et sous l'influence de cette nutrition, il se ramifie abondamment, formant une couche de mycélium sous-cuticulaire ; au début de l'attaque, les cellules épidermiques résistent ; on y retrouve de petits noyaux légèrement allongés, dépourvus de nucléole (fig. 1, M) ; plus tard, l'épuisement arrive, ils disparaissent, et alors, du mycélium sous-cuticulaire des branches se dressent perpendiculairement à la surface de la feuille (fig. 2) ; ces branches forment çà et là de petits buissons qui se colorent en noir, elles sont simples ou cloisonnées ; les unes sont stériles (fig. 3), les autres, souvent groupées en grande masse, produisent des spores ou conidies (Pl. VIII, fig. 9).

Les filaments conidifères sont en général courts et non cloisonnés : la forme de ces conidies et la manière dont elles se produisent sont suffisamment indiquées par la figure 9 ; il y en a fréquemment des quantités considérables détachées de leur support : ce sont elles dont nous avons signalé la présence à la suite de l'opération du grattage.

Il est intéressant de remarquer que, dans les poils, le mycélium du parasite se comporte comme il le fait à l'égard des cellules épidermiques : la paroi du poil est une couche cellulosique épaisse : il s'établit à l'intérieur de cette couche et s'y ramifie (fig. 4); le diamètre des filaments, ainsi que la longueur des cellules qui les constituent, varient dans des limites assez grandes (Pl. VIII, fig. 4-5).

Si l'on se contente d'un examen sommaire, le mycélium du parasite semble circuler à l'intérieur du poil (fig. 16) : c'est par une étude histologique sérieuse que la véritable position du *Fusicladium* peut être déterminée.

Nous avons déjà décrit un mode de fructification, le seul qui fût connu ; il en existe d'autres.

Si l'on examine un grand nombre de sections de la feuille, il est possible de rencontrer des *spermogonies* (fig. 12) : leur forme est sphérique, leur enveloppe est noire, à tissu dense; elle montre à sa surface des dessins hexagonaux, au moins à une certaine période du développement (fig. 11) : de cette couche corticale, rayonnent de nombreux filaments très étroits qui produisent à leur extrémité de très petites conidies : ces conidies s'amassent dans la cavité interne et sont expulsées ensuite au dehors.

Ces spermogonies appartiennent bien au *Fusicladium* ; nous les retrouvons en effet dans les poils, dont ils distendent les parois (fig. 11).

Des cultures de ce champignon, entreprises avec le plus grand soin dans des chambres humides, conservées plus de six mois et renouvelées plusieurs fois, nous ont fourni des résultats que nous avons tout lieu de croire exacts.

Déjà, après huit jours de culture, on trouve des amas de filaments à diamètre plus grand, à cellules courtes, à membrane noire et épaisse, à contenu oléagineux (Pl. VIII, fig. 18).

Au bout de quelque temps, on observe, sur le trajet de

ces filaments, la production de kystes ; certaines cellules isolées, ou situées en chapelet à côté les unes des autres, grossissent, s'arrondissent : leur protoplasma se charge de matières de réserve : ce sont d'abord des globules oléagineux de taille variable, qui finissent par se fondre en un globule unique. La membrane éprouve aussi des changements notables : elle devient très épaisse et se sépare en deux couches, endospore et exospore (Pl. IX, fig. 1-3); la coloration de ces kystes est beaucoup plus foncée que dans les autres cellules du filament; dans ces dernières, d'ailleurs, la membrane est également assez épaisse et à l'intérieur se trouvent un ou deux globules oléagineux.

Ces kystes sont destinés à permettre au parasite de passer l'hiver ; d'après nos cultures, on peut prévoir qu'ils se forment à l'automne sur les feuilles tombées et desséchées : leur germination a lieu au printemps. Nous n'avons réussi à observer cette germination qu'une seule fois (Pl. IX, fig. 4) ; le globule oléagineux perd son contour net ; un mince filament incolore sort au travers de la membrane, se ramifie bientôt et s'allonge à mesure que le contenu du kyste disparaît.

Enfin, nous avons observé la formation d'un appareil conidien semblable à celui que nous avons représenté (Pl. V, fig. 8) : on pourrait objecter qu'il appartient à une autre espèce de champignon ; heureusement, nous avons pu l'obtenir sur les mêmes filaments qui portaient les kystes ; la continuité était absolument indiscutable : il y avait simplement quelques modifications légères dans l'aspect de cet appareil (Pl. IX, fig. 5).

Généralement, il se développe sur le mycélium qui se trouve au bord de la goutte d'eau dans la chambre de culture et alors, il a l'aspect élancé déjà décrit : dans le cas particulier où nous l'avons rencontré sur les filaments porteurs de kystes, le pédicelle était court et l'ensemble beaucoup plus massif qu'à l'ordinaire : les conidies étaient

plus grosses, leur membrane plus épaisse, et elles renfermaient des gouttes d'huile ; mais les relations générales étaient absolument identiques ; nous verrons que d'autres modifications peuvent se produire dans l'aspect de cet appareil conidien.

Essayons de rétablir maintenant les choses telles qu'elles doivent se passer dans la nature :

1° Les conidies en bouquets qui se forment soit sur le mycélium ordinaire, soit sur les filaments porteurs de kystes, me paraissent destinées à propager la maladie au printemps : le vent les emporte sur les feuilles des arbres, grâce à leur légèreté.

2° Elles germent sur ces feuilles ; le mycélium se développe abondamment sous la cuticule, se nourrissant du protoplasma des cellules, les épuisant : la maladie n'est pas encore perceptible, bien qu'elle soit déjà depuis quelque temps sur l'arbre ; lorsque le milieu est épuisé, les petits buissons noirs se montrent à la surface et le champignon fructifie abondamment : il donne des spores assez grosses, coniques; ces spores, à la moindre pluie, germent : aussi, comme elles tombent sur les autres feuilles ou sont disséminées par les oiseaux et les insectes, la maladie s'étend-elle rapidement ; ce sont surtout ces spores qui propagent la maladie sur le même arbre.

3° La dissémination à de grandes distances est probablement faite par ces minuscules conidies formées dans les spermogonies.

4° A l'automne, les feuilles se dessèchent, tombent : elles emportent avec elles le parasite ; ce dernier prendra ses précautions contre les gelées de l'hiver en formant de nombreux kystes.

Au printemps, le même cycle recommencera. Le *Fusicladium dendriticum* est nuisible non seulement parce qu'il vit aux dépens des feuilles : mais la couche noire dont il les recouvre entrave les phénomènes d'assimilation.

Une deuxième espèce de *Fusicladium*, le *F. pyrinum*, attaque les feuilles de poirier (Pl. IX, fig. 7).

On peut rapprocher de ce groupe, au point de vue des effets, le *Septoria piricola* Desm. (1).

Ce champignon détermine la formation sur les feuilles de nombreuses taches arrondies ou irrégulières (Pl. IX, fig. 8, T) : au milieu de ces taches, se trouvent de petits points noirs qui correspondent aux fructifications du parasite : ce sont des spermogonies : une section de ces organes montre une enveloppe brune de laquelle partent, en convergeant vers le centre, les filaments conidifères : ces conidies sont longues, étroites et pluricellulaires (Pl. IX, fig. 9).

On peut recommander contre la fumagine l'emploi de la bouillie bordelaise : il faut tenir compte de la connaissance du développement : ainsi nous avons vu que le *Fusicladium* se trouvait logé sous la cuticule, avant d'être perceptible à l'extérieur : il sera donc utile de procéder de bonne heure à un premier traitement, au moins sur les arbres les plus fréquemment attaqués, et renouveler l'opération plusieurs fois : si la fumagine apparaît, on l'empêchera de s'étendre, en continuant l'application du traitement.

Au lieu d'employer la bouillie bordelaise, on peut se servir des autres mélanges indiqués.

Le traitement, nous le répétons, doit être surtout préventif : on évitera ainsi la formation de ces nombreuses spores qui disséminent si rapidement et si facilement la maladie.

Les mycologues seront certainement frappés des ressemblances que présente le champignon de la Fumagine du pommier et du poirier avec d'autres pyrénomycètes, tels que les *Capnodium salicinum* ou le *Pleospora Hya-*

(1) Briosi et Cavara. *Loc. cit.*

cinthi ; quelques-uns pourront même penser que le premier a pu se trouver mêlé dans nos cultures au *Fusicladium dentriticum* ; la chose n'est pas évidemment impossible et nous avons nous-même été longtemps indécis; cependant, ayant l'habitude des cultures, nous avons acquis peu à peu la conviction qu'il y avait bien là une seule et même espèce, avec des formes de fructifications très variées, comme dans les autres espèces de Pyrénomycètes.

Nous rapprochons de ce même *Fusicladium dendriticum* le champignon qui, en compagnie du puceron lanigère, est la cause du chancre noduleux ; les petites sphères rouges qui produisent à leur surface des spores falciformes pluriseptées doivent faire exception : elles rentrent peut-être dans le cycle de développement du *Nectria ditissima*.

2° LA ROUILLE DES FEUILLES.

(Pl. IX, fig. 10-16.)

La rouille des feuilles du pommier et du poirier est produite par des espèces de champignons appartenant au genre *Gymnosporangium*.

On remarque, au printemps, des taches assez grandes de couleur orangée ; à la surface supérieure, la tache (Pl. IX, fig. 10, T) montre, en son milieu, une plage de petits points noirs ; à la face inférieure, le tissu de la tache proémine au-dessus de la surface de la feuille, formant une espèce de galle. Cette hypertrophie est due à une multiplication active des cellules du mésophylle lacuneux ; l'irritation parasitaire détermine des divisions successives dans les cellules qui se superposent en séries régulières (Pl. IX, fig. 12). Cette même figure montre que les points noirs de la face supérieure correspondent à autant de spermogonies M. A la base de la spermogonie, existe un lacis de mycélium vers lequel convergent tous les filaments

très fins du parasite, contenus dans le limbe ; ces spermogonies ont la structure ordinaire (fig. 13) ; elles donnent naissance à des conidies très petites.

A l'automne, la galle qui se trouve à la partie inférieure de la feuille se hérisse de filaments dressés et groupés autour de petites corbeilles microscopiques ; ces corbeilles sont des *æcidium*, second mode de fructification du parasite (Pl. IX, fig. 11, T).

Dans ces écides (fig. 14), il y a production de spores disposées en chapelet : les plus extérieures se détachent, et il s'en forme successivement d'autres à la base ; ces spores sont arrondies.

La paroi de l'écide (pseudopéridium) est constituée par une assise de cellules : cette enveloppe se divise en lanières dans sa partie supérieure, ce qui donne à chacune des corbeilles un aspect hérissé caractéristique.

On a donné le nom de *Rœstelia* à ce parasite, tant qu'il n'a été connu que sous les aspects précédents, et on distinguait plusieurs espèces : *R. cornuta*, *R. lacerata*, *R. cancellata* ; depuis, on s'est aperçu que le champignon abandonnait, pendant l'hiver, les Pomacées et s'établissait sur les rameaux de conifères, et en particulier sur les genévriers.

Il passe l'hiver sur ces arbres, amenant des déformations et des hypertrophies sur les rameaux ; il fructifie dans la couche externe de l'écorce, produit un grand nombre de spores bicellulaires ou téleutospores (fig. 16-17) : la couche externe de la membrane de ces spores se gélifie ; il en résulte une gomme abondante au milieu de laquelle sont plongées les téleutospores : masses gélatineuses jaunes ou brunes, qui crevassent l'écorce et se montrent à l'extérieur avec des aspects variés servant jusqu'à un certain point à distinguer les espèces (Pl. IX, fig. 15). Chacune des deux cellules, constituant la téleutospore, germe en un filament court ou *promycélium* ; ce promycélium se

divise à son extrémité supérieure en quatre cellules superposées ; elles donnent naissance à une conidie (fig. 17) ; la pluie finit par dissoudre la substance gélatineuse qui englobe les téleutospores et les conidies sont emportées par le vent.

Ces conidies tombant sur les feuilles des pommiers, des poiriers, etc., germent et déterminent la rouille.

Ce parasite appartient au genre *Gymnosporangium* ; on distingue plusieurs espèces : *G. juniperinum* (*conicum*), *G. clavariæforme*, *G. tremelloïdes*, *G. Sabinæ*, etc. (1).

En Allemagne, la rouille la plus redoutée est celle qui est produite par le *Gymnosporangium Sabinæ* (*fuscum*) ; elle attaque les poiriers ; les téleutospores se forment sur les *Juniperus Sabina*, *virginiana*, *phœnicea*, *Oxycedrus*, et *Pinus halepensis*.

D'après Tubeuf, on doit réunir les *G. juniperinum* et *G. tremelloïdes* en une seule espèce et conserver pour elle ce dernier nom (2).

Le *G. clavariæforme* est reconnaissable à ses masses gélatineuses allongées, cylindriques (Pl. IX, fig. 15), vivant sur le genévrier commun ; les téleutospores sont longues et assez étroites (Pl. IX, fig. 16).

Il cause la rouille des poiriers (*Pirus communis*), des sorbiers (*Sorbus Aucuparia*, *latifolia*), des épines (*Cratægus Oxyacantha*, *grandiflora*, *sanguinea*, *nigra*).

Le *G. tremelloïdes* se distingue à ses masses gélati-

(1) Consulter : 1° Hartig. Lehrbuch der Baumkrankheiten, p. 131-134. 2° Sorauer. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, p. 232-239. 3° E. Fischer. Ueber Gymnosporangium Sabinæ (Dicks), und Gymnosporangium confusum Plowright (Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten, I Band, 1891). 4° G. Poirault. Les Urédinées et leurs plantes nourricières (*Journal de Botanique*, 1890). 5° Plowright. British Uredineæ and Ustilagineæ, p. 230-236.

(2) C. von Tubeuf. Generations und Wirtswechsel unserer einheimischen Gymnosporangium und die hierbei auftretenden Formverandungen (Centralblatt für Backteriologie und Parasitenkunde, Bd. IX, 1891).

neuses arrondies ou irrégulières ; les téleutospores sont peu allongées (Pl. IX, fig. 17) ; il vit sur le genévrier commun.

Ce champignon cause la rouille des pommiers (*Pirus malus*), des sorbiers (*Sorbus Aria*, *Chamæmespilus*), etc.

La connaissance du développement complet de ce parasite facilite singulièrement sa destruction ; le genévrier commun lui est nécessaire pour vivre pendant l'hiver ; supprimons donc cette plante aux environs des vergers, lorsque la rouille arrivera à causer quelques dégâts.

Il serait bon même, si la rouille arrivait à un caractère aigu dans une localité, de prendre des mesures analogues à celles qui ont été imposées pour la rouille des céréales. On sait que dans certains départements éprouvés par la rouille des céréales, l'arrachage de l'épine-vinette, qui joue par rapport à celle-ci le rôle du genévrier, est devenue obligatoire.

3° LA GALE DES FEUILLES.

(Pl. X, fig. 1-10).

On remarque souvent des boursouflures arrondies ou irrégulières soit sur les feuilles de poirier dans les jardins, soit sur les feuilles de pommier dans les vergers ; quelquefois l'altération prend un caractère inquiétant ; non seulement toutes les feuilles sont atteintes, mais chacune d'elles est couverte entièrement de ces sortes de pustules. Dans un jardin, à Alençon, au mois de juin dernier, presque tous les poiriers présentaient cette maladie avec ce caractère d'intensité ; par contre, j'ai été à même de l'observer bien des fois, ne se montrant que sur quelques feuilles et étant par là même dépourvue de gravité.

Les pustules proéminent à la face inférieure de la feuille (Pl. X, fig. 1) ; elles conservent pendant quelque temps leur couleur verte, mais cette couleur est moins intense

que dans le reste de la feuille ; puis le tissu de la tache jaunit, prend une teinte chocolat, et enfin peut devenir complètement noir ; certaines pustules arrivent à se réunir et couvrent de larges espaces.

Si l'on fait une section de la feuille, à l'endroit où le tissu est boursouflé, on ne tarde pas à remarquer que l'intérieur de la feuille est habité par des Acariens ; ils sont établis dans le mésophylle, se nourrissent du contenu des cellules, s'introduisent entre les cellules en palissade qu'ils désagrègent (Pl. X, fig. 3).

Ces Acariens (Pl. X, fig. 2) appartiennent au genre *Phytopus* (1) ; j'ai rencontré, au milieu des cellules désorganisées, des conidies ovales, la plupart isolées ; quelques-unes cependant étaient encore adhérentes (fig. 4).

En plaçant ces conidies en culture, on obtient un mycélium fin et abondant, et, au bout de quelques jours, il donne naissance à un nouvel appareil conidien de la forme *Botrytis* (fig. 5).

Sur des filaments longs, étroits, cloisonnés, se dressent de nombreux pédicelles très courts ; chacun d'eux supporte un chapelet de conidies; rarement, on observait une légère ramification.

Un peu plus tard, dans les mêmes cultures, je rencontrai d'autres appareils conidiens, ceux-ci arborescents (Pl. X, fig. 10), vigoureux et rappelant exactement ceux qui ont été obtenus dans les cultures de Fumagine.

Il serait mauvais, je pense, de créer des espèces pour toutes ces formes ; elles résultent de simples différences de vigueur, de situation dans les cultures, et je les rapporterai simplement au champignon de la Fumagine.

Ce qui me confirme dans cette idée, c'est le fait que les pustules du *Phytopus* renferment assez souvent des sper-

(1) Consulter pour les détails : Sorauer. Pflanzenkrankheiten, 2e édition, 1er volume, p. 815 et suivantes.

mogonies semblables à celles du *Fusicladium dendriticum* (Pl. X, fig. 9); on a chance de les rencontrer, lorsque le tissu des pustules devient noir et arrive à confluer en grandes taches (fig. 8); ces spermogonies sont isolées (fig. 6-7), plus rarement groupées (fig. 9) ; l'enveloppe a une épaisseur un peu plus grande que celles des spermogonies rencontrées dans la Fumagine.

Dans cette maladie, l'action destructive de l'Acarien est complétée par celle du champignon ; elle est difficile à traiter, puisque les parasites habitent l'intérieur des tissus. Dans une expérience faite à Alençon, M. Barbé a eu l'idée, sans connaître la cause de l'altération, de pulvériser de l'eau céleste sur les feuilles ; toutes les taches sont devenues noires sans que les autres parties des feuilles aient subi aucune modification ; le fait prouve que le tissu des pustules est devenu perméable aux liquides : les cellules de ces pustules ont été détruites ; mais l'Acarien lui-même ne paraît pas avoir trop souffert ; de nouvelles taches, en effet, se sont montrées par la suite en grand nombre.

Il est probable que l'on peut facilement se mettre en garde contre cette maladie dans un jardin ; il suffit chaque année de surveiller ses arbres, d'enlever toutes les feuilles atteintes et de les brûler ; on empêchera ainsi, dans cet endroit, la multiplication du *Phytopus* en détruisant les œufs et les adultes ; le procédé évidemment n'est plus applicable, lorsque toutes les feuilles sont atteintes ; mais on fera bien, quand même, à la chute des feuilles ou un peu avant, de ramasser soigneusement ces débris et de les brûler. D'autre part, il est peu probable que les arbres traités de bonne heure à la bouillie bordelaise souffrent beaucoup ; la couche formée par le fongicide sur les feuilles doit être un obstacle à la pénétration de l'Acarien.

4° LA MARBRURE DES FEUILLES,

(Pl. XI, fig. 1-11.)

J'ai commencé l'étude de cette altération du pommier et du poirier en juillet 1891 ; les feuilles, sur de nombreux arbres, montraient des taches rougeâtres qui, partant de la base du limbe, s'étendaient, en suivant les nervures, vers le haut et sur les côtés du limbe (Pl. XI, fig. 1, T) ; en cherchant l'explication du fait, je m'aperçus que la partie inférieure du limbe était couverte par une multitude de petits organismes rouges (fig. 2, P) ; c'étaient des Acariens.

La détermination des Acariens est difficile ; et je dus me contenter d'abord d'étudier l'animal sans connaître l'espèce, même approximativement. Il me fut facile ensuite, au moyen des notes recueillies, de trouver, pendant un voyage à Paris, le groupe auquel appartenait l'acarien; ce groupe est celui des Tétranyques, bien caractérisé par Donnadieu (1). Selon cet auteur, tous les Tétranyques vivent sur les végétaux ; on les trouve presque toujours à la face inférieure des feuilles ; tous vivent en société, soit pendant leur vie larvaire, soit à l'état adulte; les uns errent constamment sur les feuilles, sans se construire aucune demeure ; d'autres construisent des toiles dont ils recouvrent la face inférieure des feuilles ; ils vivent sous un toit commun ; d'autres déterminent sur les feuilles la production de gales ou érinéums; il y a donc : 1° des Tétranyques erratils ; 2° des Tétranyques tisserands ; 3° des Tétranyques gallacares (2). Dans ce groupe, il existe un sillon qui correspond à la déchirure de la membrane ; il se trouve à la partie antérieure et paraît diviser le corps en

(1) Donnadieu. Recherches pour servir à l'histoire des Tétranyques, p. 110-111.
(2) Donnadieu. *Loc. cit.*

deux parties; c'est au premier groupe qu'appartient l'Acarien du pommier et du poirier ; en ce qui concerne l'espèce, c'est du *Tenuipalpus glaber* qu'il se rapproche le plus. Donnadieu donne sur ce dernier les renseignements suivants (1) :

Tenuipalpus glaber Donnadieu.

« C'est le plus gros des Tenuipalpes ; sa couleur est rouge, le corps est allongé; le mâle est la moitié moins grand que la femelle; les pattes sont jaune pâle à deuxième article étroit. La peau est marquée de cellules hexagonales et, au niveau de la région des organes reproducteurs, elle est striée suivant deux systèmes différents qui se touchent et concordent.

Le corps de l'adulte porte, ainsi que les pattes, des poils étalés et aplatis, allongés, recourbés vers l'intérieur ou le bas. Ces poils ont des nervures comme ceux du *Tenuipalpus palmatus* et, de plus, ils sont dentelés sur leurs bords. Leurs dentelures sont dirigées en bas. Comme chez tous les Tenuipalpes, le long poil de l'avant-dernier article des pattes est uni et sétiforme. Les poils des pattes sont beaucoup plus petits et plus courts que ceux du corps; leurs nervures sont moins accentuées et ils paraissent plus épineux.

L'œuf est rouge; il en sort une larve hexapode, couverte de longs poils épineux qui par leurs formes diffèrent considérablement de ceux de l'adulte. Ces pattes portent des poils de même nature que ceux du corps, mais beaucoup plus courts.

Avant la dernière transformation, la larve devient octopode.

Les poils courts et relativement rares de l'adulte m'ont engagé à donner à cette espèce le nom de *glaber*.

(1) Donnadieu. *Loc. cit.*, p. 114-115.

J'ai très souvent rencontré ces Tetranyques sur les feuilles de la ronce ordinaire et quelquefois sur les feuilles d'églantier.

Longueur du corps, de 5 à 6/10 de millimètre (1). »

J n'ai point fait une étude particulière de l'Acarien du pommier et du poirier au point de vue zoologique : cela est en dehors du cadre ordinaire de mes études : j'ai pu du moins constater qu'il se rapproche beaucoup du *Tenuipalpus glaber* : ce dernier habite sur les feuilles de ronce et d'églantier : ce sont des Rosacées, famille qui, comprise au sens large, renferme le pommier et le poirier.

Si je ne puis affirmer l'exacte détermination de l'Acarien, je pourrai du moins fournir des renseignements sur sa biologie : cette partie était la plus importante, la seule importante même au point de vue du traitement.

A partir de la fin de juillet, on voit le nombre des taches augmenter sur les feuilles : elles gagnent même quelquefois le bord du limbe : l'ensemble de l'arbre est alors caractéristique ; la fonction chlorophyllienne se trouve entravée. A la face inférieure, la quantité d'Acariens va croissant : ils s'abritent le long des nervures ; à un faible grossissement, on les voit se déplacer activement : leur couleur rouge permet de les suivre avec la plus grande facilité ; vers le 20 septembre, nous rencontrons des individus plus petits, avec deux taches à l'arrière ; leur partie antérieure est plus effilée ; ils sont très-actifs : d'autres individus sont incolores, sauf en quelques points.

Il était intéressant de voir ce que devenait l'Acarien au moment de la chute des feuilles. Vers le 7 octobre, je constate une émigration : les Acariens descendent des feuilles ; ils s'établissent sur les rameaux (Pl. XI, fig. 6), et lorsque les feuilles tombent quelques jours plus tard, tous les

(1) Donnadieu. *Loc cit.*

Acariens se retrouvent sur les branches et les rameaux, non sans être restés presque jusqu'au dernier moment sur les pétioles; on retrouve encore à ce moment quelques individus incolores, avec deux taches rouges latérales.

Les Acariens passent tout l'hiver sur ces rameaux et j'ai entrepris des voyages fréquents dans la Sarthe, pour ne pas perdre de vue ces parasites : ils restent actifs, se logent dans les moindres interstices, sous les lichens, sous les écailles des bourgeons, continuant leurs ravages; en janvier, après de fortes gelées, j'espérais qu'un grand nombre auraient disparu. Or, ils n'avaient paru souffrir aucunement.

Autant que mes observations permettent de l'affirmer, il ne s'est produit aucune modification notable dans leur mode de vie jusqu'au printemps : lorsque les premières feuilles se montrent, lorsque les bourgeons se développent, les Acariens quittent les rameaux et s'établissent à la base des jeunes feuilles. On doit noter ici une observation intéressante ; au commencement de juin, je remarque un grand nombre d'œufs déposés le long des grosses nervures (Pl. XI, fig. 8), et surtout le long de la nervure médiane; ces nervures proéminent assez fortement et protègent ces œufs.

Ces œufs ont un contour elliptique (Pl. XI, fig. 9), la membrane est assez épaisse, incolore; l'œuf, dans son ensemble, est coloré en rouge et le protoplasma d'un côté se retire de la paroi. Plusieurs de ces œufs avaient déjà germé ; car on rencontrait de temps en temps un individu hexapode (Pl. XI, fig. 5); ce n'est que plus tard, que la larve devient définitivement octopode.

La présence de l'Acarien sur les arbres permet à un champignon de s'introduire quelquefois dans les taches pour achever l'œuvre de destruction; les cellules ont été épuisées par le *Tenuipalpus* ; elles ne peuvent résister

au nouvel ennemi qui se présente. Cet ennemi, c'est un champignon, le *Pestalozzia concentrica*; tant qu'il n'existe qu'à l'état de mycélium, il est très difficile de constater sa présence, car ses filaments sont excessivement fins : c'est pourtant le moment où il agit sur le tissu de la feuille. Plus tard, alors que la tache a pris une teinte noire ou brune, il fructifie dans des sortes de corbeilles (Pl. XI, fig. 10, P); l'épiderme E se trouve soulevé et en forme les bords; au fond de cette corbeille existe un feutrage de filaments excessivement fins M et, au milieu, sont placées des spores S en tonnelets, cloisonnées, à couleur brune (Pl. XI, fig. 11).

Frank a signalé (1) la présence sur quelques plantes de jardin, sur le *Pharbitis hispida*, sur quelques Dicotylédones et Monocotylédones, d'un Acarien qui produit de nombreux dégâts : c'est le *Tetranychus telarius* ; il appartient au groupe des Tétranyques tisserands ; sa toile est très fournie et couvre de grandes surfaces ; le corps est ovoïde, brun verdâtre, couvert de poils longs et nombreux, tous sétiformes. Le mâle est petit, allongé, jaune pâle, transparent.

Il se montre au printemps, se développe rapidement pendant l'été et disparaît un peu avant l'automne ; d'après ce que nous savons maintenant du *Tenuipalpus*, nous pouvons conjecturer que le *Tetranychus telarius*, lorsqu'il vit sur des plantes vivaces, demeure sur les rameaux pendant l'hiver.

En ce qui concerne la maladie du pommier et du poirier que nous venons de faire connaître, voici ce que l'on peut conseiller.

Comme ces Acariens sucent le protoplasma des cellules, sans manger la feuille, il est probable que l'emploi des arsénites ne donnerait que de médiocres résultats : il

(1) Frank. Die Krankheiten der Pflanzen, II, p. 668-669.

vaut mieux essayer d'abord l'insecticide à base de pétrole.

Nous avons vu qu'il existe beaucoup d'œufs sous les nervures des feuilles en juin ; qu'un traitement fait à cette époque, soit avec les substances insecticides, soit avec les fongicides, aurait chance de détruire un grand nombre d'Acariens dans l'œuf, ou à la sortie des jeunes larves.

Enfin, pendant l'hiver, ces Acariens sont réfugiés sur les rameaux : il serait bon de couvrir les branches de lait de chaux au moyen d'un pulvérisateur.

5° L'ÉRINEUM DES FEUILLES.

(Pl. XI, fig. 12.)

On connaît l'aspect gaufré particulier que prennent les feuilles de vigne atteintes par l'érinose ; à la face inférieure du limbe, dans la partie concave qui correspond aux gaufrages de la face supérieure, il existe des groupes de poils blancs serrés les uns contre les autres : ce sont des cellules épidermiques, qui, sous l'influence de l'irritation produite par un *Phytopus*, se développent en longs poils qui abritent l'Acarien.

Le pommier et le poirier présentent des phénomènes analogues : nous avons représenté (fig. 12, E), pour un pommier, ces poils épidermiques de la face inférieure qui servent d'abri au parasite ; c'est l'*Erineum pyrinum* Pers. (1) ; il n'y a pas lieu, d'ailleurs, de s'arrêter à cette altération des feuilles : elle est trop peu importante ; mais il est bon de savoir la distinguer des autres ; la distinction est facile ; ici, comme chez la vigne, la feuille se creuse à sa face inférieure de ces cavités remplies d'un feutrage de poils blancs, et ces cavités correspondent à un gaufrage prononcé de la face supérieure du limbe.

(1) Frank. *Loc. cit.*, p. 679.

6° L'OIDIUM DU POMMIER.

La vigne reçoit souvent la visite d'un parasite qui forme, sur les feuilles, une efflorescence blanche ; c'est l'*Erysiphe Tuckeri*, qui attaque également les jeunes grains de raisins ; il est constitué par des filaments qui rampent à la surface de la feuille et envoient çà et là des suçoirs à l'intérieur des cellules épidermiques.

Sur ce mycélium, se dressent de nombreux rameaux fructifères qui portent des spores disposées en chapelet : ces spores, très nombreuses, se détachent, formant une poussière blanche qui dissémine la maladie.

On combat avec succès l'oïdium de la vigne par des soufrages.

Le pommier, lui aussi, est attaqué par un parasite de même nature : il se développe de préférence sur les jeunes arbres des pépinières et sur les semis ; il est désigné quelquefois sous le nom de *Podosphæra Cxyacanthæ* de By. ; Galloway constate qu'en Amérique, il y a une autre espèce d'*Erysiphe* produisant cette maladie du pommier (1). Sorauer, qui a étudié également l'*Oïdium* du pommier, constate sa grande ressemblance avec le *Sphærotheca Castagnei* Lev. ; il en fait une variété sous le nom de *S. Castagnei v. Mali* (2).

Les divers parasites causant cet *Oïdium* sont assez mal caractérisés : ainsi, il y a le *Phyllactinia suffulta* vivant sur *Pirus malus* et *communis* (3) : il existe d'autre part un *Erysiphe Mali* Moug (4); Tulasne rapporte le parasite à

(1) Galloway. Die Erfolge der im Jahre 1889 in America durchgeführten praktischen Versuche zur Bekampfung von krankheiten an kulturgewachsen. (Report of the chief of the section of vegetable pathology for the year, 1889, nov. 1890.)

(2) Sorauer. Der Mehlthau der Apfelbaüme (Hedwigia, 1889, p. 8-12).

(3) Saccardo. Sylloge fungorum, V, I.

(4) Westendorp. *Les Cryptogames*, 1854, p. 131.

son *Erysiphe Prunastri* (1); aux Etats-Unis, Farlow et Seymour le regardent comme identique au *Podosphæra Kunzei* Lév. qui vit sur les pruniers (2).

L'espèce bien étudiée par Sorauer avait des conidies longues de 20 μ, larges de 12 μ, et si nombreuses que la feuille en était saupoudrée. Les périthèces ont été trouvés sur les rameaux ou les pétioles des jeunes feuilles ; leur diamètre atteignait 70 à 80 μ.

Cette maladie a été rencontrée par Husnot, en Normandie, s'étendant sur les jeunes feuilles des arbres dans une pépinière (3).

Jusqu'ici, nous n'avons pas eu l'occasion de l'observer personnellement.

Les résultats obtenus sur l'oïdium de la vigne au moyen des soufrages permettent de penser qu'on obtiendrait les mêmes résultats en ce qui concerne le pommier.

En Amérique, on a employé avec succès sur plus de 400,000 sauvageons ou arbres adultes la solution ammoniacale de carbonate de cuivre (4) ; la dépense est minime. Le premier traitement doit être fait au pulvérisateur aussitôt que les feuilles ont atteint le tiers de leur croissance normale : il doit être renouvelé cinq fois environ à dix ou douze jours d'intervalle.

Ce mode de procéder est donc tout indiqué, chaque fois que le cultivateur recevra, dans ses pépinières, la visite de l'oïdium.

7° LA CHLOROSE DES ARBRES FRUITIERS.

On voit quelquefois, dans les jardins, de beaux arbres

(1) Tulasne. Selecta fung. Carpol. I, p. 199.

(2) Farlow and Seymour. A provisional post-index of the fungi of the United States, Cambridge, 1888.

(3) D'après des renseignements manuscrits qui nous ont été communiqués par le savant bryologue de Cahan.

(4) Galloway. *Loc. cit.*

qui deviennent maladifs : leurs feuilles sont jaunes, la chlorophylle, qui est nécessaire à l'assimilation, n'existe plus en quantité suffisante : ces arbres sont chlorotiques.

La chlorose peut être due à plusieurs causes différentes : défaut de lumière, température trop basse ou trop élevée, présence d'un parasite sur les racines, empêchant la nutrition normale ; mais la cause la plus fréquente de cette maladie est, d'après l'avis général, l'absence de fer dans le sol ; une plante végétant dans un milieu dépourvu de fer devient chlorotique.

C'est pourquoi on emploie, pour guérir cette maladie, le sulfate de fer en solution faible ; on l'applique soit sur le sol afin qu'il arrive au contact des racines, soit directement sur les feuilles ; mais il est bon de remarquer que les solutions faibles ne laissent pas longtemps de traces sensibles, alors que les solutions plus élevées à 2 0/0 par exemple peuvent facilement amener des brûlures.

M. Dufour a indiqué un mode de procéder qui mérite d'être expérimenté sérieusement : il consiste à faire une sorte de bouillie bordelaise dans laquelle le sulfate de cuivre est remplacé par le sulfate de fer (1).

Voici comment on peut préparer cette bouillie : 3 kilog. de sulfate de fer sont dissous dans quelques litres d'eau, d'un autre côté 2 kilogr. 1/2 de chaux sont délayés dans l'eau. On réunit les deux mélanges auxquels on ajoute 100 litres d'eau, en ayant soin d'agiter fortement.

Cette bouillie est répandue, avec un pulvérisateur ordinaire, sur les feuilles des arbres atteints de chlorose.

Ce traitement a, paraît-il, produit déjà de bons résultats : après quelques jours, on remarquait sur les arbres en expérience la formation de chlorophylle sur les feuilles, à chaque endroit où une goutte de bouillie était tombée ;

(1) Dr J. Dufour. Notiz uber eine neue art den Anwendung von Eisenvitriol bei gelbsuchtigen Pflanzen (Zeitschr. fur Pflanzenkrank heitens, I Band, 1891, p. 136).

l'aspect des arbres avait changé complètement ; quelques-uns cependant étaient restés jaunes.

La chlorose n'a pas en effet pour cause unique l'absence de fer : le sol peut être épuisé ; au traitement précédent, on fera donc bien de joindre des fumures, sous forme de nitrates de soude, de potasse, ou de composés phosphatés.

Considérant ce qui arrive à la vigne, depuis le traitement à la bouillie bordelaise, un chimiste de nos amis a émis devant nous l'opinion qu'il serait sans doute utile de préparer la bouillie précédente en mettant parties égales de sulfate de fer et de sulfate de cuivre, soit 1 kilogr. 1/2 de chacune des deux substances ; les vignes traitées au sulfate de cuivre acquièrent en effet une vigueur et une couleur verte intense remarquables : il en serait probablement de même avec les pommiers et poiriers.

CHAPITRE IV

ALTÉRATIONS DES FRUITS

Les fruits sont sujets à plusieurs altérations de nature différente, dont les principales sont les chancres et la pourriture.

1° CHANCRES DES POMMES ET DES POIRES.

(Pl. XII, fig. 1-6, 8-9.)

Les pommes chancreuses sont souvent déformées : à leur surface, on remarque des crevasses plus ou moins profondes (fig. 1, O), des taches arrondies dont l'aspect rugueux contraste avec la surface épidermique en général lisse et luisante ; ces taches ont la couleur de liège ; elles s'accroissent pendant le développement du fruit (fig. 1, M) et se fendillent à leur tour de petites crevasses.

Lorsque les chancres se sont montrés de bonne heure, ils ont arrêté la croissance du jeune fruit : la partie saine seule a subi un accroissement régulier, comme le montre la section d'un fruit chancreux (Pl. XII, fig. 2) ; la partie recouverte par les chancres est restée atrophiée.

La formation de ces chancres est due au *Fusicladium dendriticum*, que nous connaissons bien, dans ses divers états, pour les ravages qu'il occasionne sur les feuilles ; en cultivant des sections de pomme chancreuse, nous avons obtenu cependant quelques résultats qu'il est bon de noter ; il se développe bientôt à la surface de la tranche des

filaments végétatifs noirs, à membrane épaisse ; les cellules renferment un globule oléagineux (Pl. XII, fig. 3).

Au bout de quinze jours, certains filaments dissocient leurs cellules : celles-ci s'arrondissent, se séparent, s'isolent (Pl. XII, fig. 5) ; elles contiennent un ou deux globules oléagineux ; après séparation, elles se cloisonnent transversalement en donnant des spores bicellulaires ; d'autres spores, quelquefois assez grosses, s'isolent de la même façon à l'extrémité terminale d'un filament (Pl. XII, fig. 4, S).

De la section du chancre, se détachent un très grand nombre de spores : elles sont simples, plus souvent bicellulaires, isolées ou réunies en groupe (Pl. XII, fig. 6) ; elles peuvent former des masses de pseudo-parenchyme : les unes et les autres bourgeonnent à leur tour ; toutes ces cellules sont incolores, ou fortement colorées en brun.

Le chancre des poires est très fréquent : il a beaucoup de rapports avec celui des pommes ; les poires chancreuses ont des taches irrégulières (Pl. XII, fig. 8, T), dans lesquelles le tissu est devenu dur, subéreux ; l'épiderme s'est exfolié et la surface se couvre de petits mamelons microscopiques produisant des spores (Pl. XII, fig. 9). Nous reconnaissons là le *Fusicladium pyrinum* qui produit le chancre des rameaux de poirier ; on peut rencontrer aussi, dans une section, des spermogonies renfermées à l'intérieur de l'écorce.

On emploiera, pour prévenir le développement de ces chancres, la bouillie bordelaise et la solution ammoniacale de carbonate de cuivre, l'eau céleste ; le premier traitement devra être fait avant que les arbres soient en fleur ; on pourra renouveler l'opération, lorsque les fruits seront déjà bien formés, plusieurs fois, s'il y a lieu.

En Amérique, les fruits sont quelquefois couverts de taches brunes qui sont dues au développement du *Glœos-*

porium fructigenum Berk : je ne connais point cette espèce ; mais le traitement est le même que celui qui est employé contre le *Fusicladium*.

2° LA POURRITURE DES FRUITS.

(Pl. XII, 10-14.)

Dans l'ouest de la France, la pourriture ordinaire des pommes et des poires est causée par le *Monilia fructigena* Pers. On reconnaît facilement ce parasite : il existe un centre de développement sur le point où se produit la pénétration du champignon ; tout autour de ce point, on trouve de petites touffes blanches ou jaunâtres, compactes, serrées les unes contre les autres (fig. 10, P) en cercles concentriques.

En dissociant un de ces petits buissons (Pl. XII, fig. 11), on voit qu'ils sont formés par des filaments dressés, sporifères simples ou ramifiés (fig. 12) ; les spores terminales se détachent facilement : leur protoplasma est incolore, hyalin et renferme de petites vacuoles (fig. 13) ; elles germent très rapidement dans l'eau.

Si l'on introduit une de ces spores sous l'épiderme du fruit, celui-ci ne tarde pas à pourrir, et au bout de quelques jours de nouvelles fructifications apparaissent.

En faisant des sections de fruits pourris, je me suis assuré que les filaments mycéliens du champignon circulent entre les cellules (Pl. XII, fig. 14) ; il y a des troncs à grand diamètre, portant des ramifications plus faibles ; les terminaisons sont petites : elles entourent les cellules, à la façon des doigts de la main soutenant une grosse boule : le mycélium est cloisonné.

On ne peut songer à détruire le parasite dans la profondeur des tissus : il faudra se contenter, pour prévenir l'extension de la maladie, d'enlever avec soin, et dès le début, les fruits qui présentent des taches de pourriture : les

spores formées en grand nombre contamineraient les fruits sains. Comme la germination des spores est favorisée par une température humide et chaude, il est bon de placer les fruits dans un endroit sec et aéré. Enfin, il est utile de remarquer que la pénétration du parasite a lieu surtout par les interruptions de l'épiderme, par les blessures et les meurtrissures survenues pendant ou après la cueillette des fruits. Il paraît que l'on a obtenu de bons résultats contre le parasite en soufrant les arbres (1).

On a signalé également une pourriture due au développement d'un microbe, le *Bacillus amylovorus* Burl.

En Amérique, il existe une autre sorte de pourriture : elle est produite par l'*Entomosporium maculatum* Lev., parasite qui attaque également les feuilles ; nous ignorons si ce champignon se rencontre fréquemment en France ; j'ai représenté en *c* l'asque avec ses spores ; elles sont bicellulaires avec une cellule plus grande B ; en A est un autre stade de développement (Pl. XII, fig. 7).

La surface des fruits mûrs se recouvre quelquefois d'une mousse de couleur ardoise : c'est un *Penicillium* ; il est analogue à celui qui se développe à la surface des confitures ; les recommandations faites au sujet du *Monilia fructigena* s'appliquent à cette dernière espèce.

L'*Entomosporium maculatum* attaque les feuilles et les fruits (2) : l'expérience a montré que le meilleur remède contre ce redoutable parasite est l'emploi de la bouillie bordelaise (3).

(1) New Jersey Agricultural college, experiment station. Bulletin 86, avril 1892.

(2) Ce champignon est aussi désigné sous le nom de *Morthiera Mespili*, *Stignatea Mespili* (Sorauer. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, p. 372 et suivantes).

(3) Galloway. *Loc. cit.*

CHAPITRE V

ALTÉRATIONS DES RACINES

1° LE POURRIDIÉ.

Le Pourridié ou *blanc des racines* est une maladie qui est répandue sur un grand nombre d'arbres d'espèces différentes : Pommiers, Poiriers, Cerisiers, Pêchers, Oliviers, Mûriers, Marronniers, etc. ; elle a été surtout bien étudiée chez la vigne par Viala (1) ; nous profiterons ici des résultats acquis à la science par Viala et aussi de ceux qui ont été fournis antérieurement par plusieurs savants, Hartig en particulier (2).

Chez la vigne, le parasite qui produit le Pourridié est un Ascomycète, c'est le *Dematophora necatrix* ; le blanc des racines du pommier et du poirier est dû à l'Agaric de miel (*Agaricus melleus*).

Les symptômes qui dénotent la présence de la maladie dans un verger sont les suivants : de beaux arbres qui paraissent sains perdent leurs branches les unes après les autres ; quelquefois tout un côté meurt en même temps : les arbres voisins meurent à leur tour dans les mêmes conditions au bout de quelques années. Si l'on a affaire à une pépinière, la maladie se propage plus facilement. En

(1) Pierre Viala. Monographie du Pourridié des vignes et des arbres fruitiers, Masson, Paris, 1891.

(2) Hartig. Lehrbuch der Baumkrankheiten, p. 179-184.

arrachant ces arbres, on voit que les racines sont recouvertes d'un feutrage blanc qui a valu à la maladie son nom : quelquefois, à la base du tronc, les fructifications de l'*Agaricus melleus* forment des touffes compactes.

Si l'on remplace sans précaution préalable les arbres détruits et arrachés par de jeunes arbres, ces derniers sont attaqués à leur tour et meurent.

Le parasite se montre sous plusieurs aspects différents : il recouvre les racines d'un duvet blanc ou bien il forme sur ces racines des cordons irréguliers anastomosés en réseau : ces cordons sont des rhizomorphes.

En conservant en culture, dans une cuvette dont le fond est garni d'une mince couche d'eau, des racines attaquées, on peut voir se former à la surface de l'eau ces cordons ou rhizomorphes qui parcourent des distances assez grandes : dans la nature, ces cordons rampent dans le sol d'une racine à l'autre, d'un arbre à l'arbre voisin. Examinons un de ces cordons formés à la surface de l'eau, nous verrons qu'il est constitué par des filaments simples ou ramifiés, de même diamètre pour la plupart : çà et là, existe un petit renflement : ces filaments sont entrelacés pour former le cordon, mais beaucoup d'autres sont indépendants les uns des autres : à l'extrémité, ils s'étalent en pinceau ; à la surface des cordons, il y a un très grand nombre de petits nodules épineux : chacun d'eux comprend un centre de mycélium irrégulier, coloré en brun, bosselé, d'où partent en divergeant un plus ou moins grand nombre de filaments terminés en pointe.

Sur ces rhizomorphes, dans une culture datant de six mois, se dressent de petits massifs blancs en forme de colonne un peu élargie à la base, conique au sommet : ce sont les débuts de la formation des chapeaux de l'Agaric ; en général, ils restent à cet état faute de nourriture suffisante ; mais, sur les rhizomorphes des racines elles-mêmes, ces chapeaux atteignent leur complet développement ;

toutes ces petites colonnes dressées sur le mycélium sont couvertes de petits nodules épineux.

D'autres rhizomorphes se trouvent, dans les racines attaquées, entre le bois et l'écorce : ils forment un feutrage dense, une sorte de matelas : delà, partent un grand nombre de filaments mycéliens, dont les uns pénètrent dans le bois et le désorganisent, alors que les autres traversent l'écorce et vont se relier au mycélium externe.

Lorsque des arbres sont atteints par le Pourridié, il faut les arracher et brûler sur place toutes les racines ; à l'endroit de l'arrachage, on évitera de faire une plantation d'arbre quelconque pendant trois ans environ : les pommes de terre, les betteraves, les légumineuses, ne devront pas être cultivées à cette même place, car le parasite peut les envahir et conserver ainsi sa vitalité ; les céréales ne sont pas dans le même cas et leur culture n'a aucun inconvénient.

Pour éviter la propagation de la maladie dans une pép nière, par exemple, on conseille d'isoler l'endroit contaminé par une tranchée profonde ; nous avons vu en effet, que le parasite forme des rhizomorphes nombreux qui circulent dans le sol.

D'après Viala, l'emploi du sulfure de carbone donne quelques résultats pour la vigne : on s'en sert à la dose de 30 grammes par mètre carré ; il détruit le mycélium externe sans atteindre, il est vrai, les rhizomorphes ; ceux-ci au bout de quelque temps, fournissent un nouveau mycélium ; on ne fait guère en somme que d'empêcher la propagation du parasite.

L'humidité étant favorable au développement du Pourridié, une bonne précaution est de drainer le sol des vergers où la maladie a une tendance à se montrer.

2° LA FERMENTATION ALCOOLIQUE DES RACINES.

Cette fermentation des racines a été étudiée par Van Tieghem dans une note que nous transcrivons textuellement (1).

« Tout le monde connaît les belles expériences de MM. Lechartier et Bellamy sur la fermentation alcoolique sans intervention de levure de bière, qu'éprouvent les fruits sucrés quand on les soustrait à l'action de l'oxygène. Étendues un peu plus tard par M. Pasteur à d'autres organes de la plante, comme les racines et les feuilles, elles ont reçu leur achèvement le jour où M. Muntz a montré qu'une plante tout entière, prise dans les conditions normales de végétation, si on la soustrait tout à coup au contact de l'oxygène, produit aussitôt de l'alcool dans toutes les régions du corps. »

Ces expériences ont prouvé que toute cellule végétale qui contient du sucre, si on vient à lui retirer l'oxygène, à l'asphyxier, détruit ce sucre en formant de l'acide carbonique, de l'alcool et quelques autres produits accessoires ; en un mot, développe la fermentation alcoolique. Et de fait les diverses levures alcooliques, qu'elles proviennent de *Saccharomyces* ou de *mucor*, ne provoquent la fermentation du sucre que dans ces mêmes conditions d'asphyxie. La fermentation alcoolique s'est trouvée ainsi ramenée à une seule et même condition générale, nécessaire à la fois et suffisante : l'asphyxie d'une cellule vivante en présence du sucre.

La maladie des pommiers, dont je voudrais dire quelques mots à la Société, trouve précisément son explication et aussi son remède, dans l'ordre d'idées que je viens de

(1) Van Tieghem. Sur une maladie des pommiers causée par la fermentation alcoolique de leurs racines (*Bulletin Société Botanique de France*, t. 26, 1897, p. 326-328.)

rappeler. Elle n'est, à tout prendre, que l'expérience de M. Muntz, réalisée spontanément dans la nature, mais sur la racine seulement, une asphyxie de la racine, suivie aussitôt de la fermentation alcoolique du sucre que renferment ses cellules.

Il y a quelques semaines, M. des Cloizeaux m'a donné à examiner des racines de pommiers malades provenant d'une propriété qu'il a en Normandie, près de Villers-sur-Mer. Elles exhalaient une très forte odeur d'alcool ; la fermentation alcoolique y était évidente. Quelle est la cause du phénomène et que faut-il faire pour en arrêter le cours ? Telle est la question qui m'était posée.

Ces racines, fort âgées et presque entierement dépouillées de leur écorce, n'offraient à l'étude anatomique que des matériaux fort incomplets. Voici pourtant ce qu'il est facile d'y observer. Le bois y est, par places et souvent sur de grandes étendues, aussi bien au centre qu'à la périphérie, coloré en noir brunâtre ou bleuâtre. En pratiquant dans ces régions des coupes transversales, tangentielles et radiales, on voit que ni les fibres, ni les vaisseaux ne présentent le moindre indice d'altération ; le phénomène morbide s'y est concentré tout entier dans les cellules des rayons médullaires et du parenchyme ligneux. Chacune de ces cellules, où la membrane est restée intacte et parfaitement hyaline, a perdu tout son contenu ordinaire, qui est remplacé par un gros globule brun plus ou moins foncé, d'aspect cireux. Il y a quelquefois plusieurs de ces globules plus petits, dans une même cellule. Ce sont ces globules bruns, laissés comme résidu, pendant que l'alcool formé en même temps par les cellules se répandait dans tous les tissus de l'organe qui donnent aux rayons médullaires, au parenchyme ligneux et par eux au bois tout entier, la coloration noirâtre caractéristique des régions attaquées. D'ailleurs, pas la moindre trace dans ces régions, ni de levures, ni de microphytes quelconques.

Les éléments altérés sont précisément les seuls qui, dans les racines normales de cet âge, renferment du sucre et de l'amidon. C'est évidemment sur le contenu sucré, ou capable de se transformer en sucre, qu'a porté la fermentation alcoolique éprouvée spontanément par ces cellules, lorsque les conditions de leur vie normale se sont trouvées brusquement changées.

Or, en appliquant les résultats des expériences que j'ai rappelées au début, il paraît certain que cette fermentation alcoolique, apparue spontanément en l'absence de toute levure, a dû être provoquée ici par le manque d'oxygène dans le sol, par l'asphyxie des racines.

Les renseignements qu'en réponse à mes questions M. Des Cloizeaux m'a donnés sur la nature du sol, joints à cette circonstance que l'année a été extraordinairement pluvieuse, n'ont fait que me confirmer dans cette conviction. Dès lors, le seul conseil à donner était d'aérer promptement la terre où plongent les racines, soit par drainage, soit par tranchées.

M. Des Cloizeaux m'a dit depuis avoir été informé que plusieurs de ses voisins, éprouvés par la même maladie, avaient drainé le sol ou creusé autour des arbres des tranchées profondes. Le mal avait diminué à la suite de ces opérations et les pommiers pourraient être sauvés.

On voit par là comment les données théoriques obtenues dans le laboratoire peuvent tout à coup éclairer la pratique agricole.

Nous nous rappelons très bien que notre regretté maître, le professeur Morière, nous a dit plusieurs fois qu'il avait eu l'occasion d'observer cette maladie dans le pays d'Auge et qu'il avait conseillé un traitement identique.

CHAPITRE VI

LES INSECTES NUISIBLES

Ce chapitre ne peut être considéré que comme un supplément dans lequel nous n'apportons aucune observation personnelle.

Les renseignements qui suivent sont empruntés aux travaux du Dr Henneguy, de Hérissant, de Louïse et Huet, de Lecœur (1), du père Abel (2).

Au premier rang des insectes nuisibles au pommier, on peut placer l'anthonome.

C'est un coléoptère très petit, appartenant à la famille des charançons.

Il se réfugie pendant l'hiver dans les fentes et les crevasses du tronc et des grosses branches : on peut à ce moment en détruire une grande quantité en opérant de la manière suivante :

1° Disposer sous les pommiers une bâche entourant le plus exactement possible la base du tronc.

2° Gratter légèrement le tronc et le bas des grosses branches charpentières, pour faire tomber sur la bâche les écailles et une partie des insectes.

(1) E. Lecœur : 1° L'anthonome du pommier ; 2° de l'emploi des bandés goudronnées contre les chenilles de la Chématobie.

(2) Etude sur l'anthonome des pommiers. Consulter également le rapport de Gustave Heuzé sur le prix de 1500 fr., proposé pour le meilleur travail sur l'anthonome.

3° Brosser, avec une brosse en chiendent, le tronc gratté pour faire tomber le reste des anthonomes tapis dans les fissures.

4° Jeter au feu les insectes et les débris tombés et recueillis sur les bâches.

On peut compléter l'anthonomage d'hiver par un badigeonnage au lait de chaux, ou mieux avec une dissolution à 20 0[0 de sulfate de fer, à laquelle on ajoute un peu d'argile ou de bouse de vache.

Vers le 15 avril, d'après les observations de Lecœur, les anthonomes, en grande quantité, quittent en quelques jours le tronc, montent dans les branches et se répandent sur les petites branches, dont les boutons commencent à débourrer.

Ils se mettent à se nourrir, soit en rongeant le parenchyme inférieur des jeunes feuilles, soit en perçant les ovaires des boutons à fleurs avec leurs mandibules.

Plus tard, ils percent le bouton de fleur près de s'épanouir, à la base d'un pétale, d'un petit trou rond, et la femelle y dépose un œuf.

Vers le 20 avril, les anthonomes s'accouplent et la ponte commence quelques jours après ; chaque femelle pond une quinzaine d'œufs, d'après le docteur Henneguy, dans autant de boutons de fleur.

Les premiers sont pondus sur les pommiers de première fleur ; d'autres vers le 10 mai, sur les pommiers de deuxième fleur ; vers le 20 mai, ce sont les pommiers tardifs qui reçoivent la visite de l'insecte.

Ces conditions permettent de poser les règles de l'anthonomage du printemps.

On se sert d'une grande bâche de 10 à 12 mètres de côté et de gaules munies d'un crochet de fer ; celui-ci est garni intérieurement de cuir ou de caoutchouc, afin de ne pas endommager les arbres.

On secoue, sans exception, toutes les branches de la

grosseur du poignet, en évitant de casser les bourgeons très tendres.

Le contenu de la bâche est détruit par le feu ; d'après ce qui vient d'être dit, on doit secouer les pommiers de première fleur du 20 avril au 5 mai, les pommiers de deuxième fleur du 5 mai au 20 mai, et les pommiers tardifs à partir du 20 mai.

Du 10 juin au 15 juin, on procède à une opération analogue ; elle est fondée sur ces faits que les fleurs dans lesquelles existe une larve ou bien une nymphe d'anthonome se dessèchent ; ce sont des fleurs roussies qui tombent avec la plus grande facilité : c'est l'anthonomage d'été.

Dans la bâche, en compagnie des larves et des nymphes d'anthonome, se trouve une grande quantité de chenilles de la Chématobie.

La *Chematobia brumata* dévore les feuilles de pommier de fin mai au commencement de juin; vers le 15 mai, beaucoup tombent sur le sol, entraînées par la pluie ou le vent; quelques-unes descendent volontairement ; elles remontent bientôt sur l'arbre.

De là, une manière de les détruire : on enduit le tronc du pommier d'une bande goudronnée ou d'une autre substance visqueuse ; on les y prend par milliers.

Tels sont les moyens recommandés pour la destruction de ces deux insectes nuisibles : ils donnent d'excellents résultats (1).

Il existe encore d'autres insectes nuisibles au pommier ; leur action se rapproche de celle des précédents.

En résumé, nous voyons que le traitement, en France, se réduit à l'emploi des bandes goudronnées, au grattage de l'écorce, au secouage des branches.

(1) Lecœur. La guerre à la Chématobie (*Le Cidre et le Poiré*, revue mensuelle, 1er juillet 1892).

Pourquoi n'essaierait-on pas les traitements employés en Amérique, et que nous avons fait connaître dans le chapitre consacré aux insecticides ? On peut objecter que les arsénites sont des substances dangereuses : mais leurs propriétés sont les mêmes partout et aux doses indiquées les expériences ont montré qu'elles ne présentaient aucun danger ; en tout cas, il me semble qu'il y a là un nouveau champ ouvert aux investigations.

Et, à résultats égaux, il est plus simple et moins coûteux, en ce qui concerne la main-d'œuvre, de pulvériser un arbre aux insecticides que de secouer une à une toutes les branches, ou de visiter tous les jours des bandes goudronnées.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE III.

Le chancre cancéreux, fig. 1-16.

1. Un chancre sur une branche âgée de pommier.
2. Section transversale de cette même branche; le bois mort est représenté par des hachures ; les premières couches annuelles entourant la moelle sont atteintes.
3. Section d'une branche chancreuse plus âgée ; il ne reste plus aucune trace des anneaux ligneux qui entouraient la moelle ; une couche peu épaisse de bois noir et mort O recouvre la surface du chancre.
4. Un chancre au niveau de la greffe sur un pommier d'une trentaine d'années.
5. Un chancre sur un rameau ; le bois est mis à nu et de couleur noire; l'écorce crevassée est recouverte de petites sphères rouges qui appartiennent au *Nectria ditissima.*
6. La section du chancre de la figure 5.
7. Chancre ayant envahi toute la circonférence; nombreuses sphères rouges ou périthèces ; la partie supérieure du rameau O est morte.
8. Schéma indiquant la manière dont le champignon détruit chaque année une nouvelle portion d'écorce ; on voit aussi comment le bois ne se forme annuellement qu'en face la portion d'écorce restée indemne.
9. Début de la formation d'un chancre autour d'un bourgeon.
10. Section transversale de ce chancre, montrant qu'elle est la portion de bois et d'écorce attaquée par le parasite.
11. Chancre un peu plus avancé, produit dans les mêmes conditions.
12. Section transversale de ce chancre.
13. Trois périthèces de *Nectria ditissima.*
14. Asques et paraphyses de cette Nectrie.
15. Germination des spores dans l'eau.
16. Conidies formées à la surface d'un stroma.
17. *Apiosporium Mali*, avec formation de conidies en chapelet à la surface du périthèce.

PLANCHE IV.

Le chancre noduleux.

1. Rameau devenu noduleux et crevassé sous l'influence du puceron lanigère ; en A, touffes laineuses recouvrant les pucerons; en O, crevasses.

2. Section au niveau d'un nodule : R, bois ; P, zone génératrice ; T, tumeur parenchymateuse ; F, fibres.
3. Section transversale à un endroit plus attaqué ; mêmes lettres que dans la figure précédente.
4. Cellules de ces tumeurs avec noyaux.
5. Le tissu des tumeurs a été envahi et détruit par un champignon parasite : D, bois ; M, filaments mycéliens ; B, fructifications superficielles.
6. Crevasses sur une branche déformée par le puceron lanigère ; à la surface du rameau, se trouvent diverses sortes de fructifications ; en touffes noires, A ; en sphères rouges, O.
7. Les buissons noirs (forme Cladosporium) : production des spores.
8. Les sphères rouges ; leur surface est couverte de papilles qui fournissent des spores falciformes septées.
9. Une spermogonie.
10. Lambeau d'écorce; en D, la forme *Cladosporium*; en F, début d'une spermogonie ; en B, spermogonie fournissant de nombreuses spores ; elles se détachent d'un tissu incolore d'épaisseur assez faible, situé sous la couche corticale noire ; ces spores arrondies se divisent bientôt en deux cellules.
11. Les spores bicellulaires.

PLANCHE V.

1. Les spores du champignon, en culture dans du jus d'orange ; germination.
2. Culture dans l'eau.
3. Germinations après quelques jours ; les filaments ont contracté de nombreuses anastomoses.
4. Les articles deviennent noirs ou couleur de rouille dans certaines germinations ; il en est de même des spores non germées.
5. Anastomoses entre les filaments du mycélium.
6. Spores falciformes en germination.
7. Rameau avec de simples crevasses résultant de l'action exclusive du champignon.
8. L'appareil conidien arborescent qui se produit dans l'air, sur le mycélium.
9. Les spores qui forment une croûte noirâtre au fond de ces chancres.
10. Section de l'un des rameaux chancreux ; la partie superficielle de l'écorce est seule attaquée ; une zone génératrice sépare la partie saine de la partie contaminée.
11. Pédicelle supportant des conidies.
12. Mycélium de la culture portant ces appareils conidiens.

PLANCHE VI.

Le chancre papillaire, fig. 1-10.

1. Un jeune pommier couvert de chancres.
2. Aspect d'un chancre grossi ; O racines.
3. Section transversale d'un rameau de trois ans, au niveau d'un bourgeon dormant ; B, bois normal du rameau ; O, couches de bois produites annuellement par le bourgeon ; D, ce bourgeon réduit à une masse de méristème.
4. Section tangentielle du rameau au niveau de l'un de ces bourgeons ; P, le bois du rameau avec ses rayons médullaires; M, moelle primaire se détruisant au centre ; B, bois sans vaisseaux du bourgeon ; à sa face interne, il existe une zone génératrice qui forme de nouveau bois vers l'extérieur et une moelle secondaire F, vers l'intérieur ; O, massif isolé par fragmentation ; il emporte sa zone génératrice et une portion de la moelle secondaire.
5. Section transversale d'un rameau passant par l'axe d'un bourgeon dormant après fragmentation de la moelle secondaire ; M, moelle du rameau ; B, son bois normal ; E, son écorce ; le bois sans vaisseaux du bourgeon est ombré au moyen de hachures ; I, partie où se développent les racines.
6. Section tangentielle du rameau à l'endroit de formation des racines ; la section comprend les faisceaux foliaires F d'une feuille dont la base s'est trouvée relevée par le chancre perpendiculairement à la surface ; I, fibres de l'écorce ; M, tissu cristalligène ; B, bois dépourvu de vaisseaux avec indication de la zone génératrice en pointillé tout autour ; R, racines à divers états de développement. Dans la portion externe, formation de méristème autour de blessures faites par la gelée ? et début de jeunes racines.
7. Section plus profonde au même endroit ; F, faisceaux foliaires ; O, point de végétation ; B, Bois sans vaisseaux ; la zone cristalligène est remplacée par le bois normal du rameau avec ses rayons médullaires. La figure montre comment plusieurs de ces racines se sont réunies au bois sans vaisseaux.
8. Section du rameau au moment où la moelle primaire M, disparaît ; M, moelle secondaire ; O, zone génératrice ; B, bois sans vaisseaux.
9. Section longitudinale du bois sans vaisseaux.
10. Section tangentielle d'un rameau chancreux ; R, racine ; B, bois sans vaisseaux.

PLANCHE VII.

Le chancre commun, fig. 1-8.

1. Rameau de poirier chancreux.
2. Section au niveau d'un chancre ; du stroma mycélien, se dressent les pédicelles sporifères (*Fusicladium pyrinum*).
3. Pédicelles sporifères portant plusieurs spores.

4. Germination de ces spores ; en A, production de nouvelles spores sur le mycélium.
5-6. Deux sections du même rameau ; l'une au-dessus du chancre, la seconde au niveau du chancre ; B, bois; F, deux rangs de fibres; dans 6, l'écorce est rongée par le chancre jusqu'à l'anneau extérieur de fibres.
7. Spores intercalaires ou kystes obtenus dans une culture.
8. Autre disposition des kystes.

La pourriture du bois, fig. 9-15.

9. Le *Polyporus sulfureus*, cause de la pourriture.
10. Section longitudinale d'un tronc de pommier sur lequel est fixé le Polypore : P, fructification du Polypore : M, la partie de l'arbre attaquée par le mycélium du parasite.
11. Section transversale de ce tronc au niveau de la partie attaquée : E, écorce; O, couronne ligneuse intacte ; O, partie centrale désagrégée et limitée par un cercle extérieur noir.
12. Détail de la partie désagrégée : O, feutrages mycéliens intercalés entre les formations ligneuses annuelles.
13. Disposition du feutrage mycélien.
14. Le mycélium désagrégeant les fibres ligneuses.
5. Formation de conidies sur le mycélium (cette figure, d'après J. de Seynes).

PLANCHE VIII.

La Fumagine, fig. 1-18.

1. Le mycélium M sous la cuticule.
2. Un filament dressé partant du même mycélium.
3. Nombreux filaments dressés, noirs, partant du même mycélium.
4. Filaments mycéliens dans un poil épidermique: ils se trouvent logés dans l'épaisseur de la membrane.
5. Même disposition avec structure plus ténue des filaments : l'un d'eux, plus gros, se montre à l'extérieur.
6. Une feuille de poirier montrant à sa face inférieure les taches circulaires de la Fumagine T.
7. Une feuille de pommier, vue par sa face supérieure et à moitié détruite.
8. Section du pétiole de cette feuille ; la partie détruite P montre à sa surface les fructifications ; F, le faisceau foliaire.
9. Aspect des fructifications ordinaires du *Fusicladium dendriticum :* spores S, rarement cloisonnées.
10. Autre aspect des fructifications sur le mycélium d'un poil épi d er mique d'une feuille de poirier.
11. Une spermogonie à l'intérieur d'un poil.
12. Une autre spermogonie sous la cuticule : elle est sectionnée en son milieu.
13. Croûtes noirâtres du même parasite.

14. Mycélium d'un poil se développant en culture : anastomoses.
15. Mycélium développé dans l'eau pure; nombreux rhizoïdes.
16. Mycélium à l'intérieur d'un poil.
17. Diverses germinations.
18. Aspect d'un mycélium dans une culture.

PLANCHE IX

La Fumagine (*suite*), fig. 1-9.

1. Spores intercalaires ou kystes.
2. Kystes.
3. Un des kystes de ce filament est arrivé à maturité.
4. Germination F d'un de ces kystes.
5. Le même filament mycélien porte des kystes B et des appareils conidiens D.
6. Spores nombreuses contenues dans les cultures.
7. *Fusicladium pyrinum* sur une feuille de poirier.
8. *Septoria piricola*, sur une feuille : T, taches.
9. Section transversale de la feuille, au niveau d'une tache : spermogonie (d'après Briosi et Cavara).

La rouille des feuilles, fig. 10-17.

10. Une feuille vue par sa face supérieure : T, taches.
11. Une feuille vue par la face inférieure : T, plage des écides.
12. Section de la feuille avant le développement des écides : M, spermogonies de la face supérieure.
13. Spermogonie plus grossie.
14. Un écide du *Gymnosporangium*.
15. Le *Gymnosporangium clavariæforme* sur le genévrier.
16. La téleutospore.
17. La téleutospore du *Gymnosporangium tremelloïdes* : promycélium et conidie.

PLANCHE X.

La gale des feuilles, fig. 1-10.

1. Une feuille couverte de pustules.
2. Le *Phytopus*.
3. Section de la feuille avec le parasite.
4. Conidies en chapelet trouvées dans ces taches.
5. Leur développement en culture et formation d'un nouvel appareil conidien : B, conidies bourgeonnant.

6-7. Spermogonies rencontrées dans le tissu des taches.

8. Une feuille avec taches noires confluentes.
9. Section de la feuille montrant trois spermogonies dont deux incomplètement développées.
10. Appareil conidien arborescent provenant des cultures.

PLANCHE XI.

La marbrure des feuilles, fig. 1-11.

1. Face supérieure d'une feuille de pommier montrant les taches rouges T produites par l'Acarien.
2. Face inférieure de la même feuille : P, les Acariens sous forme de points rouges.
3. Le *Tenuipalpus* fortement grossi.
4. Partie antérieure de l'Acarien et détails des pattes.
5. Un Acarien à l'état larvaire ; il ne possède que trois paires de pattes.
6. L'Acarien réfugié sur les rameaux pendant l'hiver.
7. Une des formes de petits individus incolores avec deux taches postérieures.
8. Œufs déposés près des nervures en juin.
9. Œuf grossi.
10. Section de la feuille, au niveau des taches figurées en hachures : P, le champignon fructifié ; B, le faisceau foliaire de la nervure.
11. Corbeille fructifère du *Pestalozzia concentrica*.
12. L'*Erineum pyrinum :* section partielle du limbe avec les poils épidermiques.

PLANCHE XII.

Le chancre des pommes, fig. 1-8.

1. Pomme chancreuse : O, crevasses; M, taches circulaires.
2. Section d'une pomme chancreuse.
3. Mycélium du chancre développé en culture.
4. Formation de spores à l'extrémité des filaments.
5. Formation de spores intercalaires qui se dissocient ensuite.
6. Spores sous divers aspects : production de bourgeons ou conidies.
7. *Stigmatea Mespili* Sorauer : C, asque; B, spores et germination.

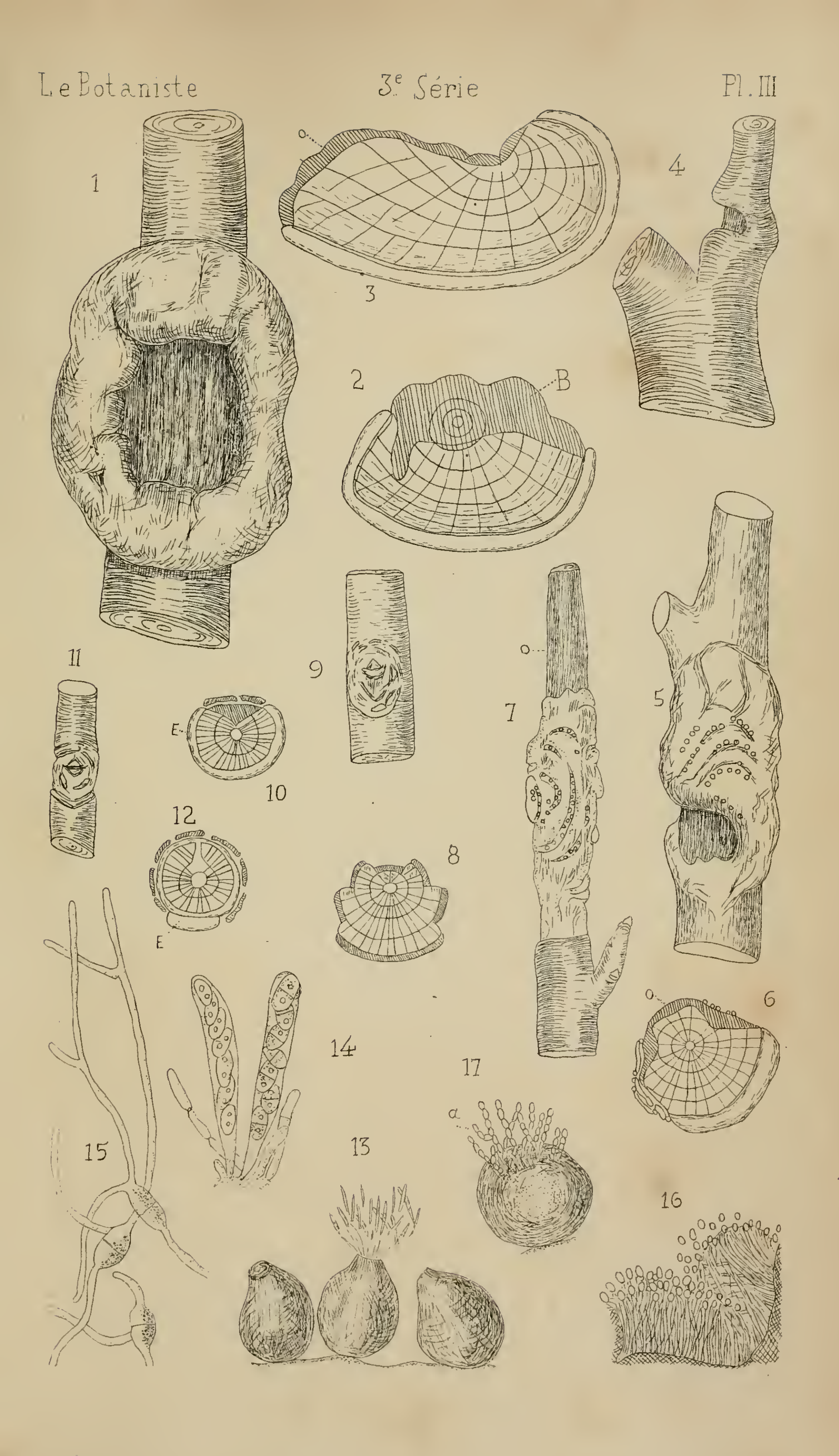
Le chancre de la poire, fig. 8-9.

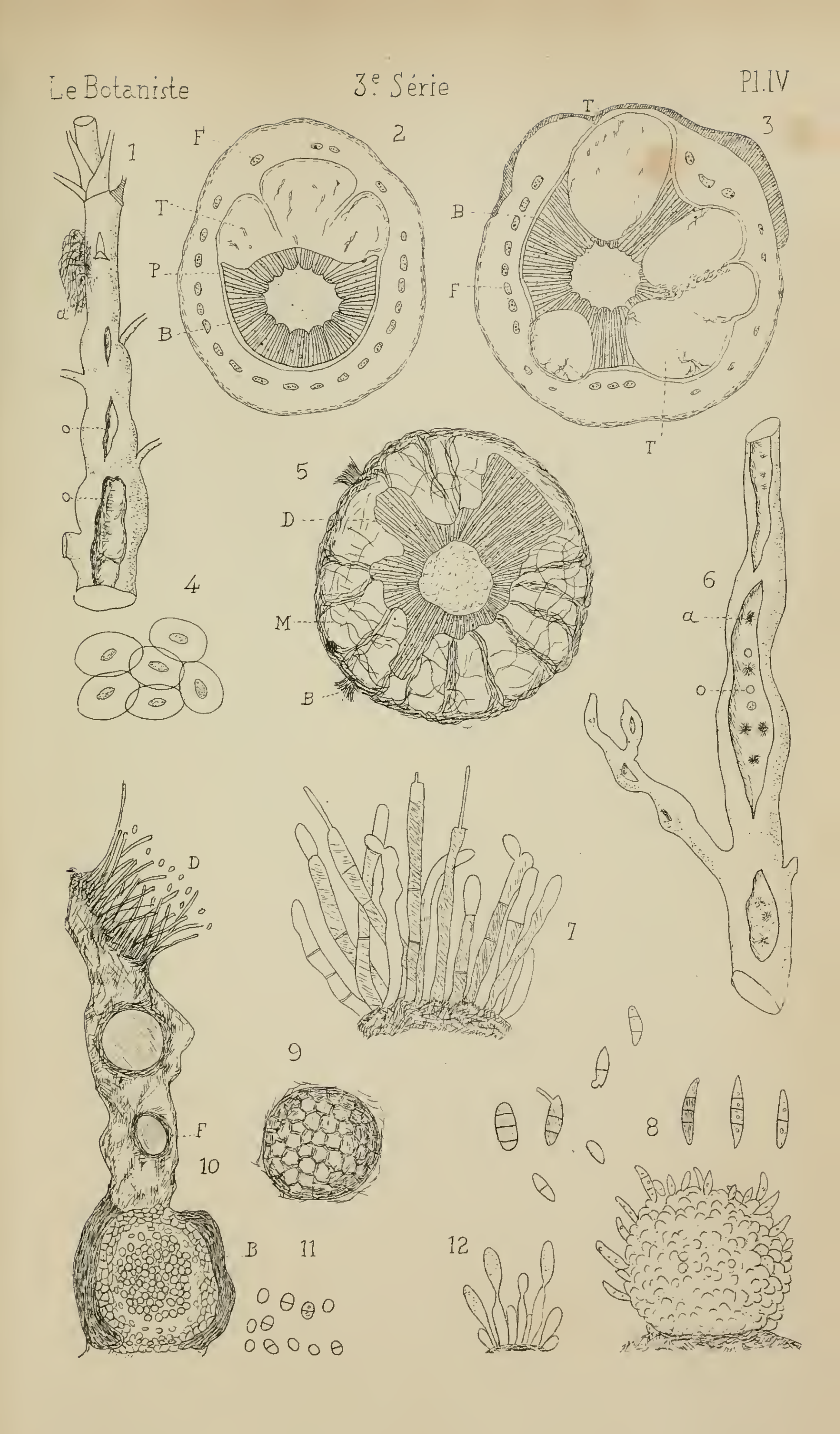
8. Poire chancreuse avec des taches irrégulières, étoilées.
9. Section au niveau d'un chancre : stroma fournissant les spores ; M, spermogonie (d'après Sorauer).

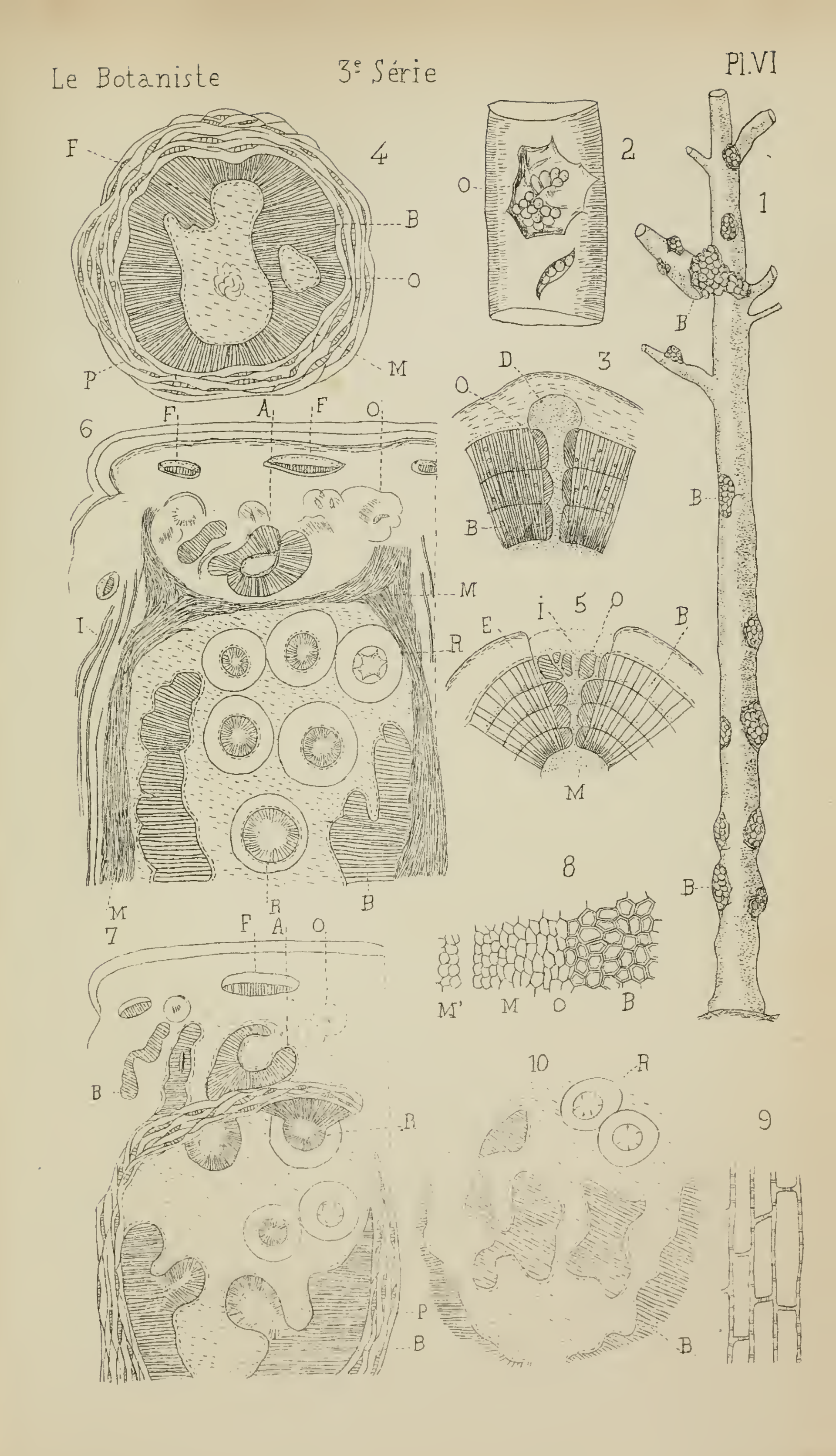
La pourriture des fruits, fig. 10-14.

10. Une pomme pourrie avec les cercles concentriques P formés par les fructifications du parasite.
11. Ces fructifications en touffes.
12. Filaments sporifères qui forment ces fructifications.
13. Les spores détachées.
14. Le mycélium du parasite à l'intérieur du fruit ; P, cellules pierreuses ; D, les ramifications terminales du mycélium.

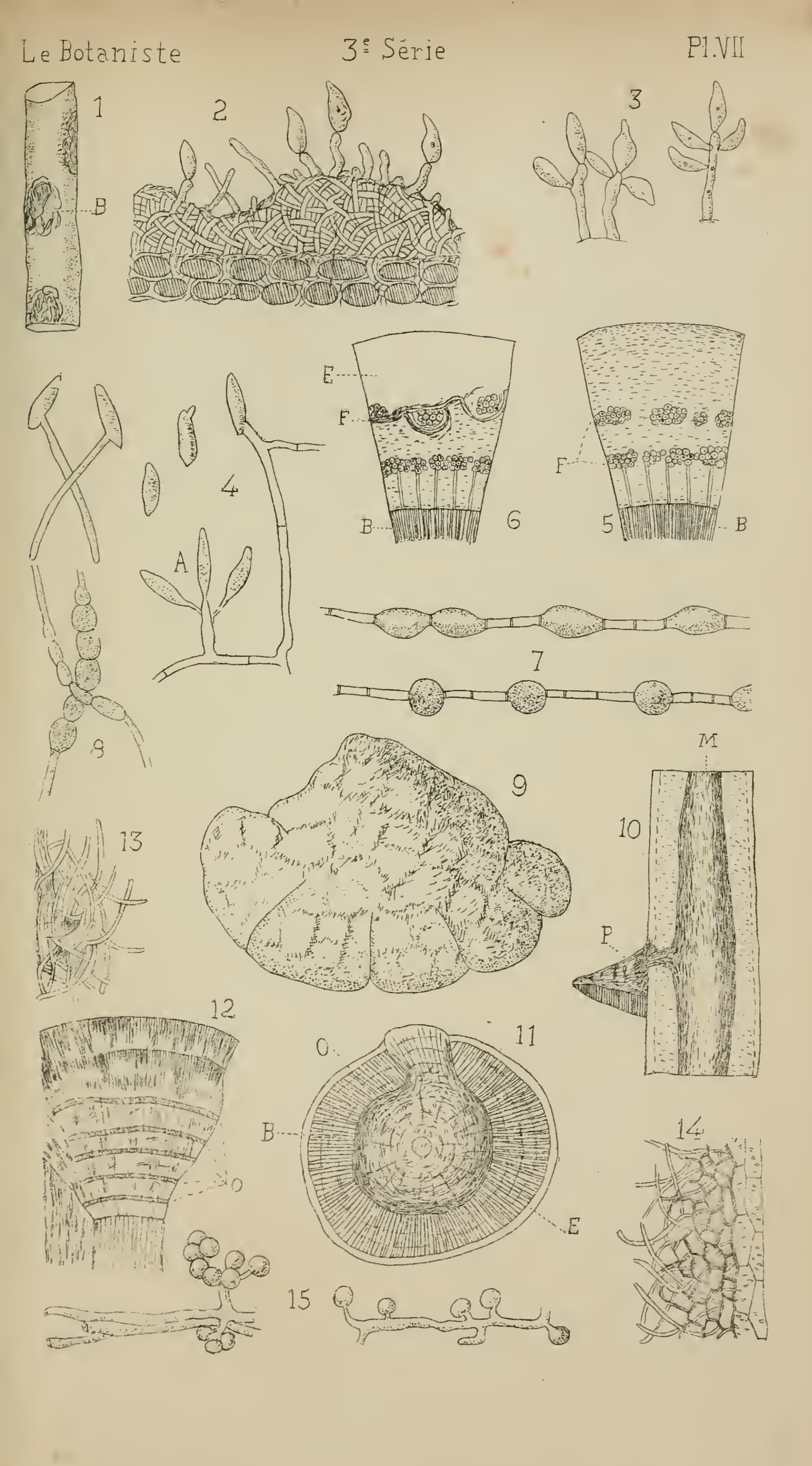
POITIERS. — TYPOGRAPHIE OUDIN ET Cie.

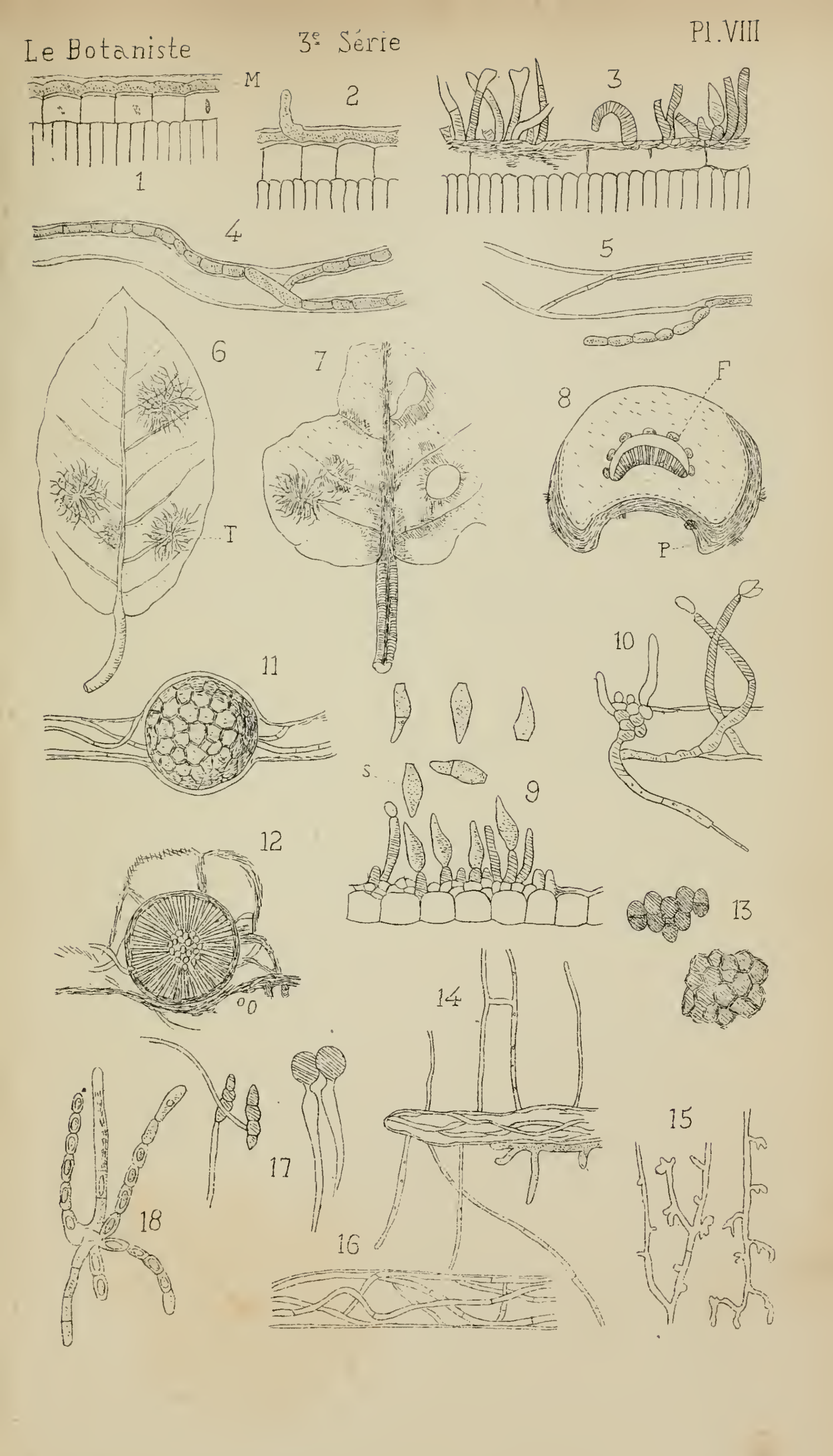

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
B
E
o
a


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
F
T
P
B
D
M
a
o

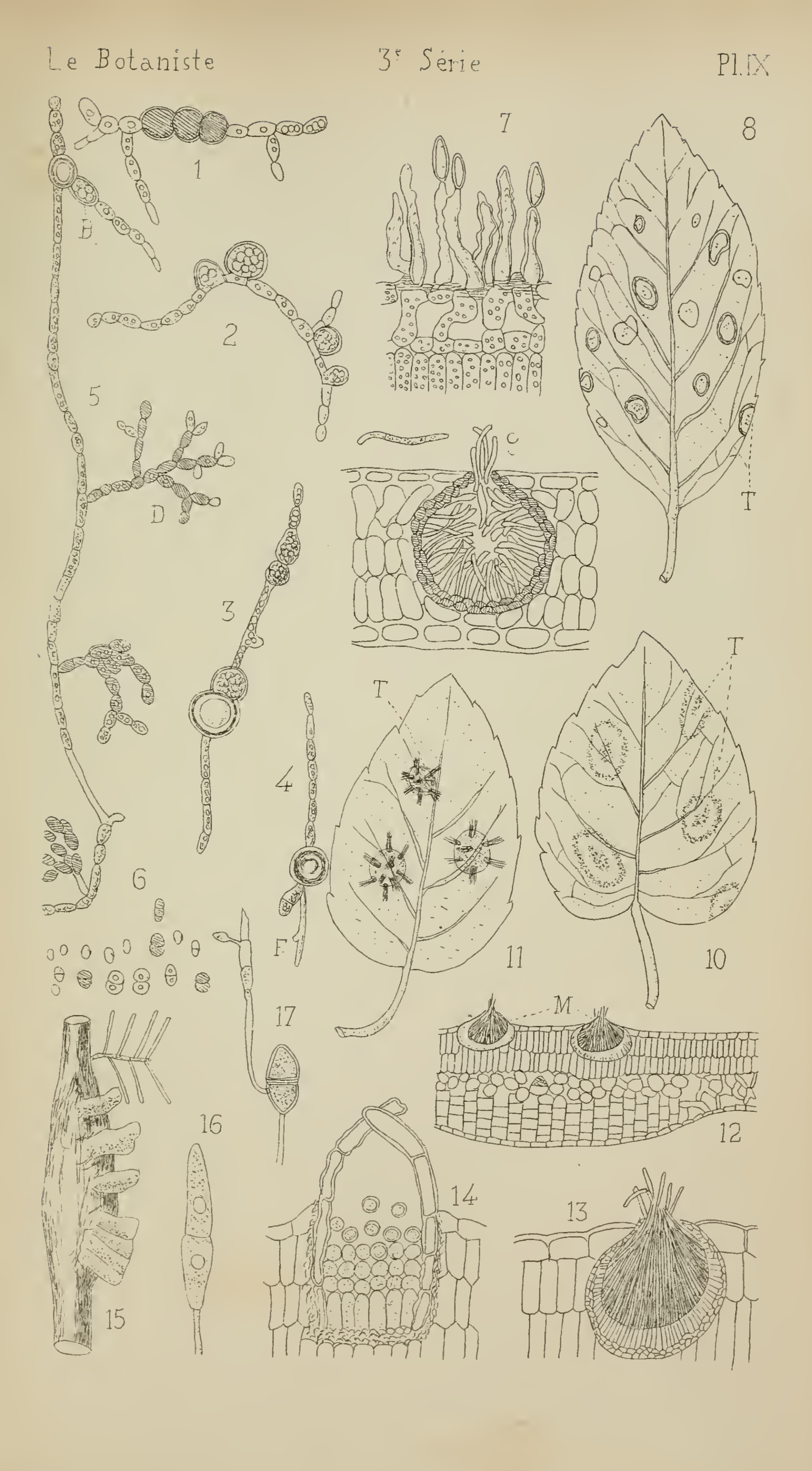


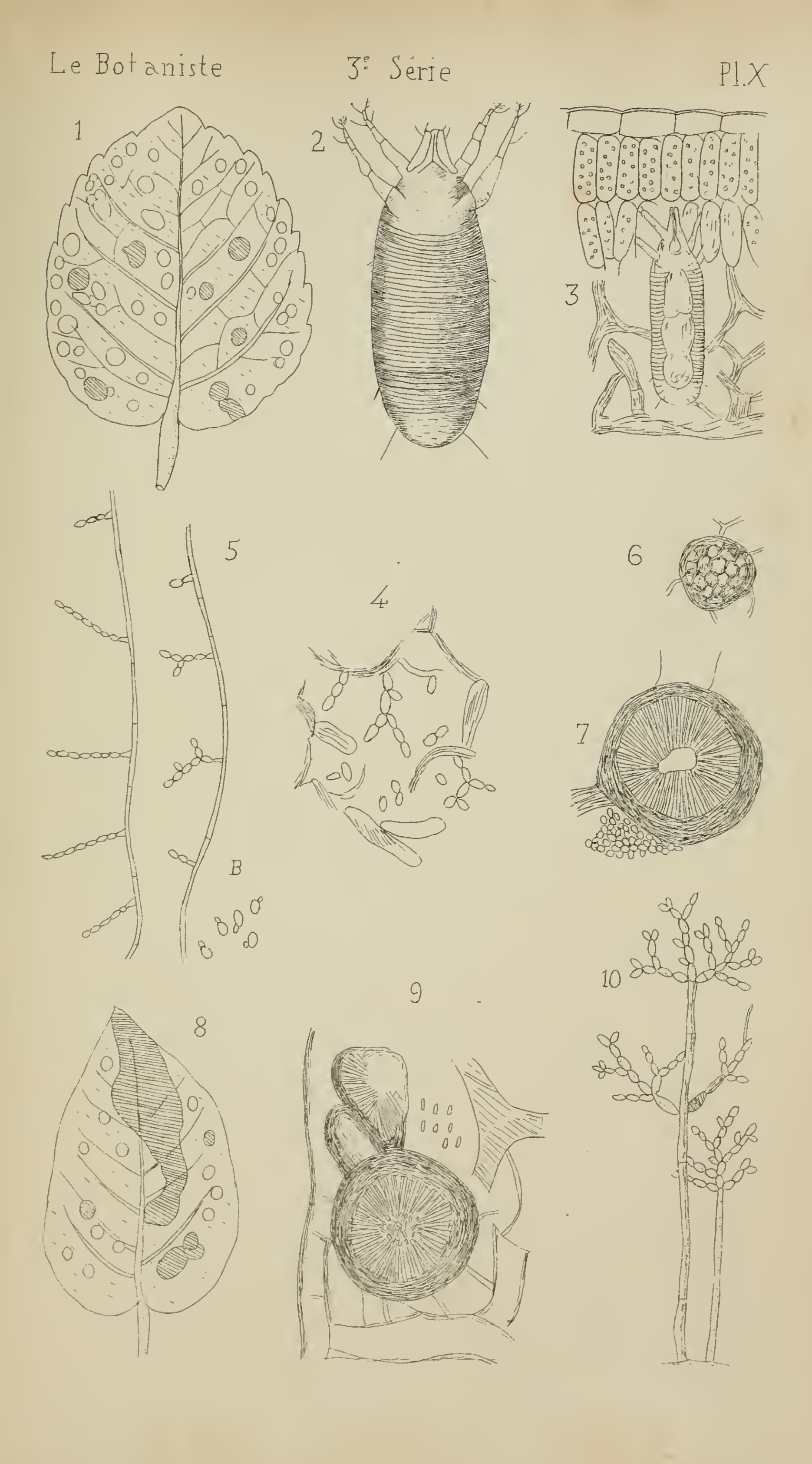
4
F
B
O
P
M
2
O
1
B
3
D
O
B
6
F
A
F
O
M
I
R
5
E
I
O
B
M
B
M
R
B
8
M'
M
O
B
7
F
A
O
B
R
P
B
10
R
B
9

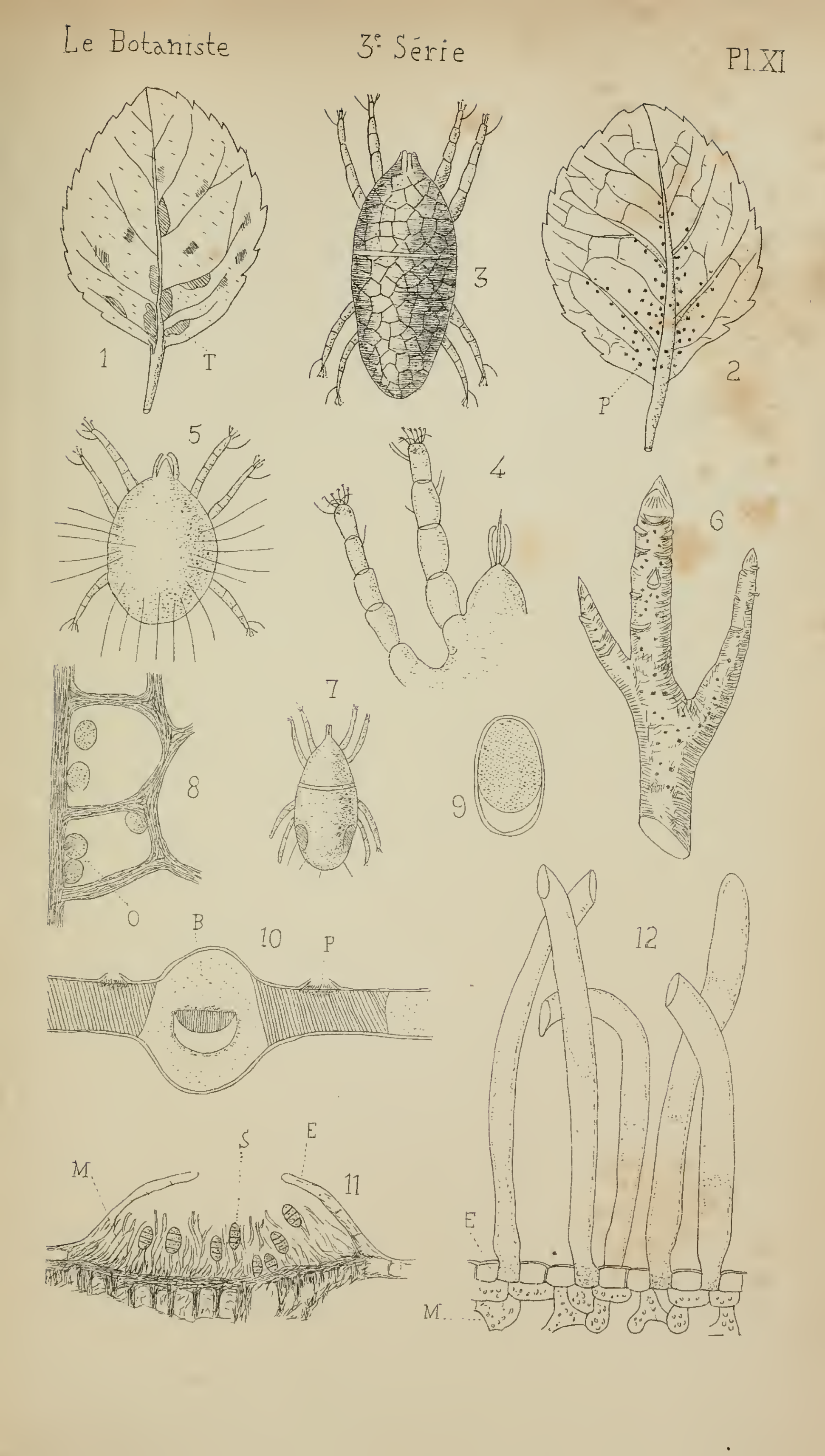

1
B
2
3
E
F
4
A
B
6
F
5
B
7
8
M
9
10
13
P
12
11
O
B
O
E
14
15

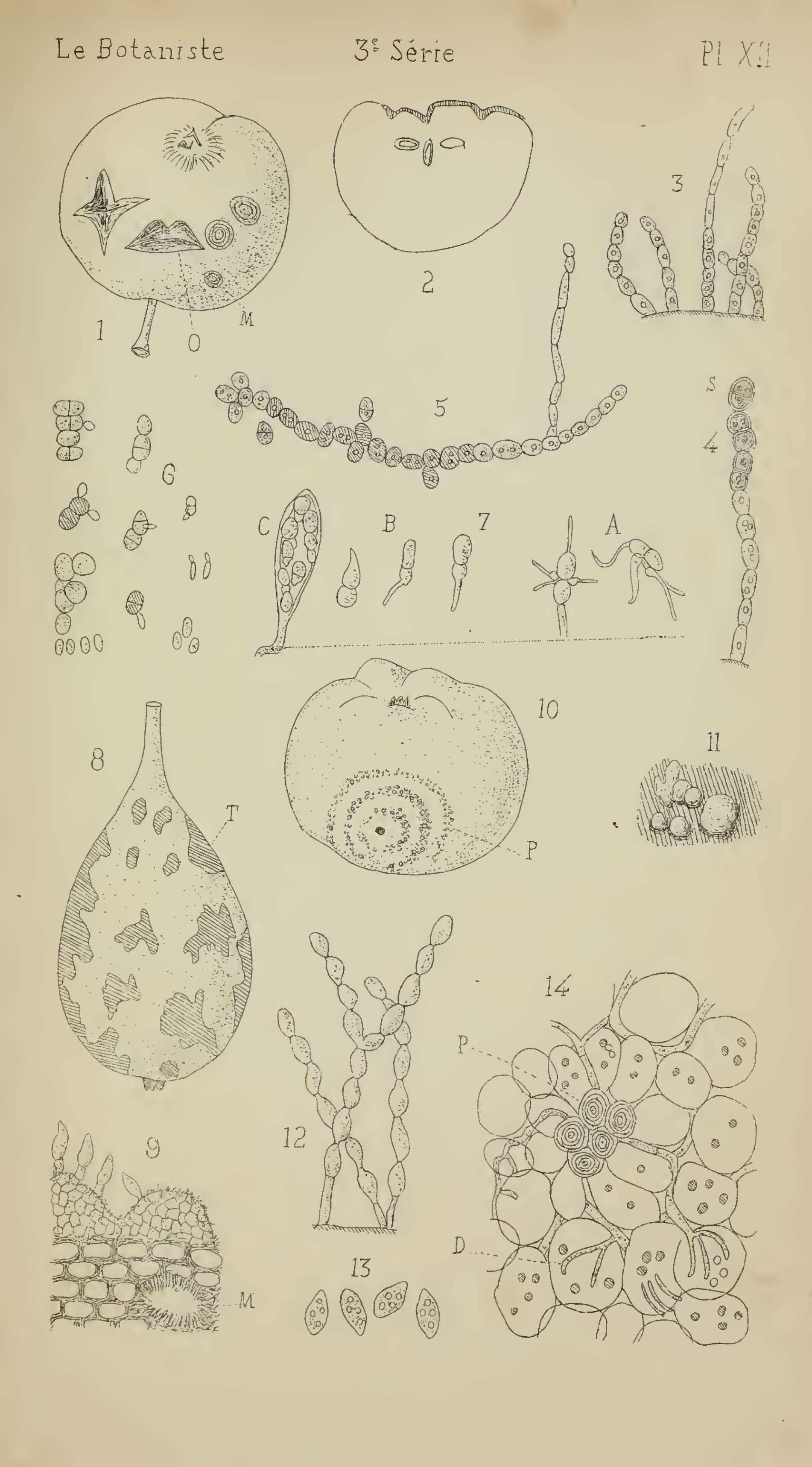


Le Botaniste
3e Série
Pl. VIII
M
1
2
3
4
5
6
T
7
8
F
P
9
S
10
11
12
13
14
15
16
17
18


1
B
2
5
D
3
4
F
6
7
8
T
C
T
T
11
10
M
12
17
16
15
14
13


1
2
3
4
5
B
6
7
8
9
10


Le Botaniste
3e Série
Pl. XI
1
T
3
2
P
5
4
6
8
7
9
O
B
10
P
12
E
S
M
11
E
M


1
O
M
2
3
5
S
4
6
C
B
7
A
8
T
10
P
11
9
M
12
13
14
P
D

Nous reproduisons ici, pour nos lecteurs, deux notes publiées dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences en collaboration avec un de nos élèves ; elles marquent une nouvelle étape pour notre Recueil. Notre but, en fondant le « Botaniste », a été indiqué dans l'introduction qui précède la 1re série ; ajoutons que nous avions le secret désir de pouvoir donner, plus tard, l'hospitalité aux travaux sortis de notre Laboratoire ; cela est devenu possible.

L'Académie des sciences, en nous accordant l'année dernière une subvention de 1200 fr. sur la proposition de M. Duchartre, nous a permis d'envisager l'avenir de notre publication avec confiance ; nous lui en sommes profondément reconnaissant, ainsi qu'à M. Duchartre.

Jusqu'ici, nous avons publié, seul, trois volumes presque entièrement ; dans ces volumes, on trouvera beaucoup de questions soulevées qui attendent des développements ; il en est qui touchent aux organismes inférieurs ; d'autres se rapportent à l'anatomie des plantes vasculaires ; quelques-unes intéressent plus particulièrement les algues et les champignons ; les dernières s'appliquent à la pathologie végétale, et ce ne sont pas les moins intéressantes à étudier : elles ont de plus l'avantage de présenter un intérêt pratique ; la sollicitude des pouvoirs publics est assurée à ceux qui dirigeront leurs efforts de ce côté : nous en avons comme preuve la souscription dont M. le Ministre de l'agriculture a bien voulu honorer notre dernier travail sur les maladies du pommier et du poirier.

Le Laboratoire de Botanique de la Faculté des sciences de Poitiers dispose d'un certain nombre de places pour les travailleurs ; nous espérons que l'exemple de M. Sappin-Trouffy sera suivi ; il n'y a que rarement profit immédiat à retirer de ces sortes d'études ; mais à faire un travail original, personnel, on ne peut que gagner dans sa propre estime et dans celle des autres, et rien n'est plus propre à développer l'esprit d'observation si nécessaire dans toutes les situations.

URÉDINÉES

PAR

P.-A. DANGEARD ET SAPPIN-TROUFFY

1° Recherches histologiques sur les Urédinées

« La famille des Urédinées, qui comprend un grand nombre d'espèces parasites sur des plantes cultivées, offre un vaste sujet d'étude : on peut espérer d'y saisir et d'y fixer les rapports étroits qui s'établissent entre le Champignon et son hôte ; les recherches expérimentales ayant appris que la même espèce peut vivre sur deux plantes différentes, il sera intéressant de rechercher dans quelles limites la structure propre du parasite est influencée par le changement de milieu, et, si elle ne l'est pas, nous aurons là un moyen rapide de vérifier le résultat de ces recherches expérimentales. La pathologie végétale ne peut manquer tôt ou tard de profiter des résultats obtenus dans cette voie.

« Nous examinerons successivement, dans cette note, la structure intime du mycelium et celle des divers appareils de fructification.

« Les noyaux nous ont présenté dans le mycelium une structure identique chez toutes les espèces étudiées : on y remarque tout d'abord l'absence de nucléole bien apparent, (1), ce qui permet de les distinguer des noyaux des

(1) Note ajoutée.

Saprolégniées, par exemple (1) ; ils sont constitués par un hyaloplasme qui renferme de petites granulations de chromatine; ces granulations peuvent être régulières, très petites et très nombreuses ou plus grosses et irrégulières; ces noyaux (2μ — 3μ) sont globuleux à l'état de repos; ils sont allongés, étirés dans les filaments en voie de croissance ; dans ce dernier cas, ils sont plongés dans un protoplasma dense, granuleux, et ils se multiplient par division directe. Le protoplasma chemine dans la plante attaquée en formant derrière lui des cloisons ; si l'on considère en particulier l'*Uromyces Rumicis*, il est facile de constater que la cellule terminale renferme de trois à six noyaux, et que les autres cellules sont également plurinucléées. Bien qu'il soit souvent difficile de préciser pour chaque cellule le nombre exact des noyaux, nous pouvons affirmer que, d'une manière générale, le nombre des noyaux pour chaque cellule chez les Urédinées est rarement inférieur à deux, et que ce nombre est souvent dépassé ; c'est donc par erreur que M. Vuillemin a admis tout récem-
« ment que le mycelium des Urédinées est formé de cel-
« lules typiques, l'espace compris entre deux cloisons
« consécutives renfermant un seul noyau bien diffé-
« rencié » (2).

« Nous pouvons ajouter que l'on considère à tort également les Urédinées comme étant, à peu d'exceptions près' dépourvues de suçoirs ; en réalité, ils existent aussi nets et aussi développés que chez les Péronosporées : ils on de deux à six noyaux et nous indiquerons bientôt leurs diverses formes et les remarquables relations qui s'établissent entre eux et le noyau des cellules de la plante hospitalière. Ces premiers résultats ont été vérifiés sur de nombreuses espèces appartenant aux genres *Uromyces*,

(1) P.- A. Dangeard. *Recherches histologiques sur les Champignons* (Le Botaniste, 2e série, p. 100-124).

(2) P. Vuillemin. *Comptes rendus*, n. 21, 1892.

Puccinia, *Coleosporium*, *Phragmidium*, *Gymnosporangium* et *Triphragmium*.

« Examinons maintenant les divers appareils de fructification : *spermogonies*, *écidies*, *urédospores*, *téleutospores*.

« Les *spermogonies* montrent de nombreux noyaux, soit dans le feutrage mycélien qui les délimite, soit dans les filaments qui rayonnent vers le centre de la bouteille et qui portent les spermaties : dans ces filaments, les noyaux sont allongés suivant l'axe ; chaque spore qui s'isole par étranglement n'emporte qu'un noyau ; nous avons pu nous assurer que ce noyau possède la structure ordinaire il est entouré par une zone étroite de protoplasma incolore (*Uromyces Pisi*, *Puccinia Caricis*, *P. Graminis*, etc.).

« L'étude des *écidies* n'est pas sans offrir de grandes difficultés, si l'on veut se rendre compte du rôle des noyaux dans la formation des spores. Nous constaterons tout d'abord que le *pseudoperidium* n'est pas entièrement dépourvu d'activité, comme on l'admet. Chacune de ses cellules renferme deux noyaux isolés ou accolés, reliés à la paroi par des traînées de protoplasma granuleux ; ces noyaux très tard seulement perdent peu à peu leur chromatine et se réduisent à un globule à contours indécis, placé contre la paroi. Quant aux spores, elles se détachent successivement au sommet renflé de filaments mycéliens groupés dans la corbeille et qui sont des basides ; chacune des basides ne montre que deux noyaux placés au milieu d'un protoplasma abondant qui se colore par l'hématoxyline ; ces deux noyaux sont gros, très denses et se divisent. Au moment de la bipartition, les deux noyaux sont disposés parallèlement suivant l'axe de la baside ; à la suite de la division, une spore s'isole par une cloison, emportant les deux noyaux supérieurs ; il se forme ainsi successivement une certaine quantité de spores à l'extrémité d'une même baside et elles restent longtemps réunies en chapelet mélangées à des cellules stériles intercalées,

très réduites ; toutes ces spores possèdent deux noyaux accolés ou isolés, sans rapport de position determiné ; ils nous ont quelquefois montré, sous la couche superficielle qui renferme les granules de chromatine, un petit globule oléagineux que nous avons retrouvé jusque dans la baside (*Puccinia Caricis, P. Graminis, P. Poarum, Uromyces Pisi,* etc.) (1).

« Les *urédospores* se développent sur un stroma mycélien perpendiculairement à la surface des feuilles ; ils ont la forme de poils dans lesquels une cloison médiane établit la séparation entre la spore et son pédicelle. Les urédospores renferment deux noyaux qui peuvent atteindre un diamètre de 5µ avec une structure normale ; ces noyaux sont suspendus au centre de la téleutospore et ils sont reliés par des traînées de protoplasma à la couche pariétale. Le pédicelle qui supporte l'urédospore, est aussi pourvu de deux noyaux ; ces derniers restent visibles après la chute de la spore (*Phragmidium, Puccinia, Uromyces, Coleosporium*). Les paraphyses souvent très longues ne renferment que deux noyaux. Nous avons rencontré quatre noyaux dans l'urédospore d'*Uromyces Betæ ;* le nombre des noyaux est sans aucun doute en relation avec celui des filaments germinatifs ; par exception, les fructifications peuvent se former à l'intérieur de la plante hospitalière (*Puccinia Porri*).

« La formation des *téleutospores* débute comme celle des urédospores et, lorsqu'elles sont unicellulaires, comme chez les *Uromyces*, il est impossible de les distinguer les unes des autres au début : le renflement et le pied possèdent chacun deux noyaux ; dans les téleutospores bicellulaires des *Puccinia*, une cloison médiane isole chacun de ces noyaux qui se divisent ensuite par division indirecte

(1) Ce globule n'est autre chose qu'un nucléole dont la présence dans les noyaux ordinaires est souvent excessivement difficile à apercevoir (mai 1893).

(*Puccinia Buxi*). Dans les téleutospores à trois cellules des *Triphragmium*, le renflement présente trois noyaux qui se divisent, donnant ainsi deux noyaux par cellule.

« Cette étude nous a conduit à d'autres résultats, que nous comptons exposer ultérieurement. »

(30 janvier 1893.)

2° Une pseudo-fécondation chez les Urédinées.

« Lorsqu'on cherche à généraliser les résultats obtenus dans l'étude de la structure intime des Urédinées (*Comptes rendus*, 30 janvier 1893, p. 211), on ne peut manquer d'être frappé par ce fait que des cellules de valeur bien différente ont normalement deux noyaux. Nous les retrouvons non seulement dans les écidiospores, dans les urédospores, dans les téleutospores, dans les cellules du pseudopéridium, dans les paraphyses, mais aussi dans beaucoup de mycéliums et de suçoirs.

« On sait, d'ailleurs, que les Urédinées forment l'un des rares groupes où l'on ne connaît pas les phénomènes de reproduction sexuelle ; on admet, d'autre part, que la fusion des noyaux ne se produit que dans les cas de fécondation, dans les phénomènes de sexualité.

« Ces faits nous paraissent devoir attirer l'attention sur les résultats que nous allons maintenant exposer.

« Les premières observations ont été faites sur le *Puccinia Buxi*, dont les échantillons ont été récoltés au Jardin botanique de Caen. Les téleutospores ont deux cellules qui renferment chacune deux noyaux ; ces noyaux sont accolés ou séparés par un intervalle plus ou moins grand ; un peu plus tard, lorsque la membrane de la téleutospore se cutinise, les deux noyaux se fusionnent dans chaque cellule en un gros noyau central qui correspond au *globule oléagineux* des auteurs. Avant la fusion, les noyaux

ont la structure ordinaire ; après la fusion, le corpuscule nucléaire, devenu très gros (5 μ environ), se présente sous plusieurs aspects : vésiculeux avec des plages irrégulières de chromatine, ou bien dense, très réfringent, homogène, parfois granuleux ; ces différences d'aspect doivent être attribuées en partie à l'action de l'alcool, employé comme agent fixateur, sur les matières grasses de ce corpuscule. Nous avons observé une pareille fusion des noyaux dans les *Puccinia Graminis*, *P. coronata*, *P. Menthæ*.

« Il est également possible de suivre cette fusion dans les téleutospores simples de l'*Uromyces Geranii* ; les deux noyaux, très gros, laissent apercevoir leurs granules chromatiques pendant qu'ils se pénètrent réciproquement; la fusion terminée, le corpuscule est exactement sphérique ; son contour est très net ; sa substance est très dense et très réfringente. Il occupe exactement le centre de la cellule. Les choses se passent de la même manière dans l'*Uromyces Betæ*.

« Nous avons étendu nos recherches aux téleutospores composées de trois cellules (*Triphragmium Ulmariæ*) ; elles renferment six noyaux groupés par deux dans chaque cellule ; ils se fusionnent en un gros corpuscule sphérique, lorsque la membrane commence à se cutiniser. Dans ce corpuscule, nous avons obtenu de bonnes colorations de la chromatine, alors que le protoplasma de la cellule restait incolore ; les grains de chromatine sont irréguliers, quelques-uns sont assez gros ; le hyaloplasma était devenu vacuolaire, sans doute par disparition de la matière grasse.

« Afin de pouvoir généraliser ces résultats, nous nous sommes adressés à trois autres (*Coleosporium Euphrasiæ*, *Melampsora farinosa*, *Phragmidium Rubi*) ; nous avons pu constater les mêmes phénomènes de fusion ; partout les deux noyaux de la téleutospore jeune s'unissent en un seul corpuscule dans la téleutospore adulte : il est parti-

culièrement gros dans les *Coleosporium* et les *Melampsora*; dans le premier genre, il peut être allongé suivant la largeur de la cellule ; dans le second genre, il est le plus souvent allongé suivant la longueur de la téleutospore ; son diamètre atteint jusqu'à 8 μ.

« Nous sommes autorisés ainsi à considérer la fusion de deux noyaux en un seul, dans les téleutospores des Urédinées, comme un fait général ; il nous paraît certain que ce phénomène est en relation avec l'absence de sexualité et la remplace complètement, d'où le nom de *pseudo-fécondation* que nous lui donnons. Si nous considérons certains *Spirogyra* comme le *S. quadrata*, par exemple, nous voyons que ce sont deux cellules adjacentes du même filament qui fusionnent leurs noyaux dans la reproduction sexuelle ; supposons que cette cloison devienne rudimentaire jusqu'à disparition et nous aurons le cas des Urédinées.

« Ces deux noyaux, que nous trouvons dans chaque cellule des téleutospores et qui se comportent l'un comme noyau mâle, l'autre comme noyau femelle, peuvent également effectuer leur pseudo-fécondation dans les écidiospores ; ces dernières, lorsqu'elles sont jeunes, possèdent deux noyaux ; lorsqu'elles sont plus âgées, elles ne renferment plus qu'un corpuscule nucléaire central, provenant de la fusion.

« En résumé, les Urédinées présentent un phénomène regardé jusqu'ici comme caractérisant la fécondation. Il est vraisemblable qu'elles suppléent ainsi à la reproducion sexuelle nettement caractérisée. »

(6 février 1893.)

RECHERCHES

SUR LES PLANTULES DES CONIFÈRES

Par P.-A. DANGEARD

INTRODUCTION

Depuis longtemps, nous avions l'intention de développer, avec planches à l'appui, les résultats de nos recherches sur le mode d'union de la tige et de la racine chez les Conifères; ces résultats ont été condensés dans la note suivante publiée en 1890 dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences :

« Précédemment, j'ai établi la manière dont les diverses parties de la tige et de la racine s'unissent région à région, je me propose, dans cette note, d'étudier au même point de vue les Gymnospermes.

« On sait que chez les Gymnospermes, le nombre des cotylédons varie non seulement avec les genres et avec les espèces, mais encore dans certaines espèces avec les individus ; il était nécessaire de voir quelle influence ce fait pouvait avoir sur l'insertion de la racine et sa structure.

« A. Lorsque le nombre des cotylédons est de *deux* (*Taxus baccata*, *Biota pendula*, *B. orientalis*, *Abies Canadensis* (1),

(1) *Tsuga Canadensis*.

Actinostrobus pyramidalis, *Cupressus funebris*, etc.), il y a deux faisceaux ligneux à la racine alternant avec deux faisceaux libériens ; l'insertion a lieu comme chez les Dicotylédones à cotylédons uninerviés ou penninerviés (1). On doit remarquer toutefois que la trace cotylédonnaire ligneuse ne se divise généralement que peu ou point pour l'insertion, contrairement à ce qui existe chez la plupart des Dicotylédones.

« Si, dans les mêmes espèces ou des espèces différentes, la plantule possède trois cotylédons, il y a trois faisceaux à la racine.

« Jusqu'ici, la racine se trouve orientée de telle manière que le plan vertical médian de chaque cotylédon passe par un faisceau ligneux de la racine : c'est le cas général rencontré chez les Dicotylédones.

« B. Lorsque le nombre des cotylédons est plus élevé, le nombre des faisceaux de la racine, au lieu d'être égal à celui des cotylédons, devient moitié moindre : si $2n$ est le nombre des cotylédons, n sera le nombre des faisceaux de la racine. En effet, chaque faisceau de la racine, soit libérien, soit ligneux, s'insère sur deux traces cotylédonnaires, ce qui peut être indiqué par le rapport 2n/n.

« On aura normalement les rapports suivants : 6/3 (*Larix europaea*, *Abies alba*, etc.); 8/4, 10/5, 12/6, 14/7 (*Picea*, *Pinus Pinea*, *P. Canadensis*, *P. Laricio*, *P. excelsa*, etc.) ; mais il y a de nombreuses exceptions. Elles sont dues :

« 1° A ce que l'une des traces cotylédonnaires se divise en deux pour donner insertion à un faisceau de la racine, les autres traces cotylédonnaires conservant la disposition ordinaire : ce fait correspond aux rapports 5/3, 7/4, 9/5, 11/6, 13/7.

« 2° A ce que l'une des traces cotylédonnaires se réunit à

(1) P.-A. Dangeard. *Recherches sur le mode d'union de la tige et de la racine chez les Dicotylédones* (Le Botaniste, 1re série).

une autre sans servir à l'insertion, ce cas correspond aux rapports 7/3, 9/4, 11/5, 13/6, 15/7.

« On voit que, dans le cas normal, la racine possède encore une orientation fixe, mais c'est à un intervalle entre cotylédons que correspond, dans un plan vertical, chaque faisceau ligneux.

« Ajoutons que, l'axe hypocotylé étant le siège d'un accroissement intercalaire considérable, accroissement qui n'est pas le même pour toutes les régions, il ne saurait y avoir de collet théorique. Bien plus, parmi les *éléments de raccord* appartenant soit au tissu conducteur, soit au tissu conjonctif, il n'est pas toujours possible de distinguer nettement ce qui doit être attribué à la racine et ce qui fait partie de l'axe hypocotylé. » (Comptes rendus, 1890.)

Le travail que nous publions aujourd'hui est beaucoup plus complet : nous avons été amené à étudier la plantule tout entière à des états différents ; comme nous nous sommes placé à un point de vue particulier, la bibliographie proprement dite ne sera pas longue : nous citerons simplement, dans le cours du travail, les mémoires, notes ou observations qui nous intéressent plus particulièrement et nous donnerons ici la liste des principales recherches anatomiques entreprises sur la famille des Conifères.

Nous avons étudié précédemment les Cryptogames vasculaires en appliquant les principes de la théorie phytonnaire (1) ; aujourd'hui nous abordons avec les mêmes idées l'anatomie des Gymnospermes : il en résultera, je l'espère, la conviction que beaucoup de sujets gagneraient à être repris ainsi chez les Phanérogames. Il est bien évident que, le plus souvent, les observations des auteurs précédents restent avec leur valeur intrinsèque, mais

(1) P.-A. Dangeard. Essai sur l'Anatomie des Cryptogames vasculaires (Le Botaniste, 1re série, 1889). — Mémoire sur l'Anatomie des *Tmesipteris* (Le Botaniste 2e série).

l'interprétation devra être modifiée ; des faits en discussion depuis de longues années recevront leur explication naturelle : on arrivera à se faire une idée complète de la *plante vasculaire*, de ses diverses parties, de leurs rapports exacts, ce qui ne peut manquer de profiter à la physiologie générale.

Que si, après avoir lu ce travail, on y voyait des tendances fâcheuses, il y aurait une contre-épreuve nécessaire : on pourrait se reporter à un travail cependant récent et consciencieux (1).

Si l'on comprend l'organisation de la plantule, telle que nous l'établissons ici, il ne saurait plus être question d'admettre l'existence d'une région tigellaire, distincte de la tige et de la racine, *s'étendant souvent au-dessus des cotylédons et possédant une véritable autonomie* : on a l'explication des différences que présentent les divers groupements des faisceaux et des tissus ; l'équivalence d'une branche verticale d'un arbre âgé et de la portion caulinaire d'une plante d'un an n'est autre chose que la traduction d'une identité de phytons dans les deux cas, et cette équivalence a des limites plus larges : elle s'étend aux branches de divers ordres dans la limite des variations des phytons d'une même plante.

(1) Léon Flot. Recherches sur la structure comparée de la tige des arbres. (Revue générale de Botanique, T. II, 1890.)

BIBLIOGRAPHIE

1° H. R. Goppert. *De structura anatomica Coniferarum*, Vratislaviæ, 1841.

2° Nægeli. *Beitr. Z. Wissensch Botanik*, Heft 1, Leipzig, 1858.

3° A. Henry. *Beitr. Zur Kenntn. d. Laubknospen*, 1847.

4° Th. Lestiboudois. *An. sc. nat.* 3e série, 1848.

5° H. Schacht. *Der Baum*. Bonn. 1860.

6° Geyler. *Ueber die Gefassbundelverlauf* (Pringsh. Jahrb. Bd. VI, 1862).

7° Fr. Thomas. *Zur vergleichende Anat. d. Coniferen Laublatter* (Pringsh. Jahrb., Bd IV, Heft I, 1865).

8° A. B. Frank. *Ein Beitr. Z. Kenntn. d. Gefassbundel* (Bot. Zeit. 1864).

9° Van Tieghem. *Mémoire sur la racine* (Ann. sc. natur. bot., 5e série, T. XIII, 1871) et :

10° *Sur les canaux sécréteurs des plantes* (Id. T. XVI, 1872).

11° C. E. Bertrand. *Anatomie comparée des tiges et des feuilles chez les Gnétacées et les Conifères* (Ann. sc. nat. Bot., 5e série, T. XX, 1874).

12° A. Daguillon. *Recherches morphologiques sur les feuilles des Conifères* (Revue générale de Botanique, T. II, 1890), avec bibliographie spéciale au sujet, très complète.

13° Stasburger. *Das Botanische Practicum*, 2e édition, 1887.

14° Strasburger. *Der vertreterinen der Geleitzellen in Siebtheile der Gymnospermen* (Sitz. d. Konigl. preuss. Akad. d. Wissemchaften zu Berlin, t. XIII, 1890).

15° Strasburger. *Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen*, Iéna, 1891 (cellules de transport, p. 102).

16° Van Tieghem. *Sur la structure primaire et les affinités des Pins* (Journal de Botanique, 5e année, 1891).

17° Van Tieghem. *Structure et affinités des Abies et des genres les plus voisins* (Bulletin Société Botanique de France, 1891, n° 6), avec indications bibliographiques.

Ce travail est divisé en trois chapitres : le 1[er] chapitre est consacré aux Conifères *Inversiovulées* : le second aux Conifères *Rectiovulées* : le 3[e] chapitre résume les principaux résultats de ces recherches.

CHAPITRE I

CONIFÈRES INVERSIOVULÉES

Dans ces Conifères, la racine possède des canaux sécréteurs dans la structure primaire. M. Van Tieghem, qui les désigne, à cause de cette propriété générale, sous le nom de Rhizocèles, les divise en quatre sous-tribus définies par la position des canaux sécréteurs (1 .

1° Un canal sécréteur péricyclique en face de chaque faisceau ligneux. Epixylocèles ou Pinées (*Pinus*, *Picea*, *Larix* *Pseudotsuga*).

2° Un canal sécréteur axile. Myélocèles ou Cédrées (*Abies*, *Keteleeria*, *Cedrus*, *Pseudolarix* , *Hesperopeuce*, *Tsuga*).

Les deux autres sous-tribus ont plusieurs canaux sécréteurs péricycliques en face de chaque faisceau libérien. Epiphlocèles.

3° Les feuilles ont des canaux sécréteurs corticaux. Araucariées (*Araucaria*, *Agathis*).

4° Les feuilles ont des canaux sécréteurs péridesmiques. Podocarpées (*Stachycarpus*, *Podocarpus*, etc.)

(1) Van Tieghem. Structure et affinités des Abies. Loc. cit. page 415.

Les deux premières sous-tribus sont biovulées : elles correspondent aux Abiétinées dont les principaux genres sont classés de la manière suivante par Daguillon (1).

A Une seule sorte de rameaux	Feuilles persistantes, aplaties, dépourvues de coussinets; cônes dressés à écailles caduques.			*Abies.*
	Feuilles persistantes, cônes pendants à écailles persistantes.	Feuilles aplaties	sans coussinets. . .	*Pseudotsuga.*
			avec coussinets. . .	*Tsuga.*
		Feuilles tétragones munies de coussinets.		*Picea.*
B Deux sortes de rameaux	Feuilles coriaces et persistantes	Feuilles normales n'occupant que les rameaux courts.		*Pinus.*
		Feuilles normales sur les deux sortes de rameaux.		*Cedrus.*
	Feuilles molles et caduques.			*Larix.*

Les deux autres sous-tribus sont uniovulées : elles correspondent aux Araucariées et Podocarpées.

Dans le mode de groupement adopté par Van Tieghem, les Araucariées se trouvent rapprochées des Abiétinées : ce rapprochement se trouve appuyé par une note de Fliche (2) ; le nouveau genre *Pseudo-Araucaria* donne raison, dit-il, aux botanistes qui ont fait des Araucariées et des Abiétinées deux tribus d'une même famille ; il montre une fois de plus à quel point, soit par les formes vivantes, soit par celles qui sont éteintes, les divers groupes de Conifères sont étroitement liés entre eux.

GENRE PINUS

La plantule, dans les espèces du genre *Pinus*, a des feuilles ordinaires, aplaties, qui succèdent aux cotylédons et sont insérées suivant une spire surbaissée ; à l'aisselle de ces feuilles, il se produit çà et là des rameaux portant,

(1) A. Daguillon. Loc. cit., p. 201.
(2) *Sur un nouveau genre de Conifère* rencontré dans l'Albien de l'Argonne, (Comptes rendus, Académie des sciences, 1893).

comme l'axe principal, des feuilles ordinaires; sur cet axe et sur les rameaux, rarement dès la première année, un rameau court se développe à l'aisselle de quelques-unes de ces feuilles alternes.

Ces rameaux courts portent des feuilles alternes réduites à des écailles et formant une gaine scarieuse ; ils s'épuisent en une rosette de feuilles longues, verticillées, au nombre de trois à cinq : ce sont les aiguilles. Les aiguilles sont les seules feuilles normales d'un *Pinus* développé, les seules chargées de l'assimilation chlorophyllienne: à ce moment en effet, les feuilles qui donnent à leur aisselle les rameaux courts, sont également réduites à des écailles.

Le nombre des aiguilles groupées à l'extrémité d'un rameau court a servi jusqu'à un certain point à grouper les espèces (1); dans la section des *Pinaster*, on distingue : les *Monophylla* qui n'ont qu'une aiguille, les *Pinea* qui en ont deux, les *Toeda* qui en ont trois, les *Pseudostrobus* qui en ont cinq; dans la section des *Strobus*, les rameaux courts, soit chez les *Eustrobus*, soit chez les *Cembra*, ont cinq aiguilles.

On constate des exceptions (2) : nous avons, pour notre part, observé plusieurs fois trois aiguilles au lieu de deux au verticille chez *Pinus sylvestris*.

Nous avons fait l'étude de plusieurs plantules dans la section des Pinea.

1° **Pinus pinea** L.

(Pl. XIII, fig. 1-10 ; Pl. XIV, fig. 1-5.)

La plantule de *Pinus pinea* possède un nombre variable de cotylédons (11-13) entourés dans la graine d'un al-

(1) Engler et Prantl. Die naturlichen Pflanzenfamilien. Coniferae, 1887.
(2) Kronfeld. Ueber Polyphyllie bei Pinus.... (Sitzungsb. der K. K. zool. bot. Gesellsch. in Wien, 1888).

bumen abondant ; la racine principale très grosse, très vigoureuse, sort par le micropyle, le tégument de la graine se fend laissant voir la membrane colorée qui recouvre l'albumen ; l'axe hypocotylé se dégage, puis les cotylédons, qui supportent à ce moment la graine à leur extrémité.

Structure des cotylédons. — Les cotylédons encore enfermés au milieu de l'albumen (fig. 1, Pl. XIII) présentent quatre faces : deux latérales avec stomates, une face interne et une face externe, celle-ci ayant deux canaux sécréteurs situés vers les angles ; ces canaux sécréteurs sont séparés de l'épiderme par une assise de cellules, les cellules sécrétrices sont bordées extérieurement par une gaine de cellules à paroi cutinisée.

Les cellules épidermiques sont petites, à section quadrangulaire ; les cellules du tissu conjonctif qui s'étendent de l'épiderme au faisceau sont grandes, polyédriques et renferment, à ce moment, un protoplasma abondant, avec un gros noyau central ; il y en a sept ou huit assises à la face externe et à la face interne, quatre environ sur les faces latérales.

L'exoderme (1), c'est-à-dire l'assise contiguë à l'épiderme, est constituée par des cellules plus petites ; l'endoderme est complet autour du faisceau libéro-ligneux : ses cellules sont en forme de tonnelet ; leur protoplasma est réduit à une couche pariétale qui renferme le noyau, elles se détachent ainsi nettement des autres cellules du tissu conjonctif.

Le faisceau a une section elliptique (fig. 2, Pl. XIII) ; le bois B est constitué, à sa pointe, par quelques trachées et vaisseaux ponctués auxquels s'ajoutent de très bonne heure des trachéides provenant du fonctionnement de la

(1) Mot proposé par Vuillemin et destiné à remplacer l'expression d'hypoderme.

zone génératrice ; l'îlot libérien primaire est nettement délimité L. P. les cellules conductrices qui le constituent, ont une section transversale allongée suivant le rayon ; elles sont dépourvues de protoplasma et de noyau, si bien qu'elles se détachent fortement sur l'ensemble : cet îlot libérien se trouve séparé de bonne heure du bois par une couche assez épaisse L. S. de liber secondaire. Bois et liber sont entourés par un anneau complet de péricycle : le nombre des assises du péricycle est de trois ou quatre et les cellules sont nucléées. On peut distinguer le péricycle externe P. E. extérieur au liber et le péricycle interne P. I. du côté du bois (1).

Au voisinage de l'axe, les cotylédons sont moins allongés suivant le rayon et ils se soudent latéralement en couronne (fig. 1, Pl. XIV) ; leur face interne se termine par un angle à grande ouverture, ce qui permet aux premières feuilles de s'intercaler dans les intervalles libres : un peu plus bas, les cotylédons se soudent par leur face interne, autrement dit, ils deviennent coalescents, pour donner l'axe hypocotylé.

Structure de l'axe hypocotylé. — La structure de cet axe avec le mode d'interprétation que nous proposons devient facile à comprendre : sa surface présente des sillons qui indiquent jusqu'à un certain niveau, le nombre des rachis cotylédonnaires entrant dans sa constitution ; un cercle de canaux sécréteurs est séparé de l'épiderme par deux assises de parenchyme.

Si le nombre des cotylédons est de douze, il y a naturellement vingt-quatre canaux sécréteurs. L'écorce à grandes cellules polyédriques est épaisse, l'endoderme, sur les individus déjà âgés, offre des plissements sur les faces radiales, et lorsqu'une première cloison tangentielle s'y

(1) Léon Flot. Sur le péricycle interne (Comptes rendus, Acad. des sciences, 13 février 1893).

produit, c'est l'assise externe qui emporte ces plissements.

La couronne libéro-ligneuse résulte de la réunion tangentielle des faisceaux cotylédonnaires, tout comme l'écorce provient du tissu conjonctif externe des phytons cotylédonnaires et la moelle de leur tissu conjonctif interne.

Le péricycle a sept ou huit assises de cellules; elles se distinguent des cellules corticales, dont elles sont séparées par l'endoderme, par leur contenu granuleux : il semble évident, qu'au moins dans ce cas, l'endoderme s'oppose à la déperdition des réserves nécessaires au fonctionnement de la zone génératrice et à l'activité du cylindre central.

Théoriquement, la couronne libéro-ligneuse doit comprendre douze faisceaux libéro-ligneux cotylédonnaires ayant la structure déjà décrite : c'est bien en effet ce qui a lieu à la partie supérieure de l'axe hypocotylé ; les douze faisceaux cotylédonnaires sont séparés par de larges intervalles ; dans chacun de ces intervalles, on observe un massif procambial à la partie interne duquel se sont différenciées une ou deux trachées : malgré leur ressemblance, ces intervalles n'ont la même valeur que sur une certaine longueur de l'axe hypocotylé ; ils correspondent alors à des faisceaux foliaires ; plus bas, il faut établir une différence : dans six d'entre eux, les massifs procambiaux sont l'ébauche, le début des faisceaux foliaires destinés aux premières feuilles, et ils sont de moins en moins apparents à mesure que l'on s'éloigne des cotylédons ; dans les six autres intervalles, il s'agit des trachées qui sont l'amorce du faisceau ligneux de la racine et de son canal sécréteur ; ils sont de plus en plus apparents à mesure que l'on s'éloigne des cotylédons ; il est facile de se rendre compte de la valeur différente des intervalles en consultant les figures 3 et 4, Pl. XIII.

La moelle est large ; ses cellules sont grandes. Nous devrions rencontrer un endoderme interne comme nous avons vu un endoderme externe ; mais dans l'axe hypocotylé, l'endoderme interne n'est pas différencié : les quelques cellules plus petites qui avoisinent les trachées représentent certainement le péricycle interne, mais elles se continuent sans transition avec les cellules de la moelle.

Passage de la tige à la racine. — Dans l'écorce, les canaux sécréteurs corticaux se continuent assez bas, jusqu'au collet superficiel délimité par l'apparition de l'assise pilifère ; mais bien avant, le cylindre central montre les modifications qui précèdent la structure normale de la racine.

1° Les faisceaux libériens se réunissent deux par deux tangentiellement pour former six groupes qui se continuent directement et sans transition par les six faisceaux libériens de la racine (fig. 3, 5, Pl. XIII). N'oublions pas que c'est dans le plan vertical de ces faisceaux libériens que se placent les premiers faisceaux foliaires que nous avons rencontrés un peu plus haut à l'état procombial ; de la sorte, les premières feuilles auront immédiatement à profiter de la sève élaborée pour leurs premiers développements ; l'importance de cette position prise par les premières feuilles est à noter spécialement ; le nombre des cotylédons se trouve ainsi avoir une influence directe sur la disposition et le développement des premières feuilles.

2° Les faisceaux ligneux, un peu plus bas, se réunissent également par deux ; leurs vaisseaux s'étendent tangentiellement jusqu'à la partie interne du canal sécréteur où nous avions noté un peu plus haut la présence d'une ou deux trachées, amorce du faisceau de la racine. On trouve donc à droite et à gauche de ces trachées un massif li-

gneux (fig. 5, Pl. XIII) : les deux finissent par se rejoindre et par former une bande ligneuse continue, plus mince au contact du canal sécréteur, plus large aux extrémités où elle se moule sur le faisceau libérien ; elle peut même se continuer assez loin sur la face interne de ce dernier ; c'est cette bande ligneuse qui établit la communication entre les faisceaux de la racine et les faisceaux cotylédonnaires. Les extrémités de ces six groupes ligneux se réduisent et le faisceau de la racine prend peu à peu sa structure normale en développant quelques vaisseaux en direction centripète ; il possède même cette structure bien avant la disparition de l'épiderme et des canaux sécréteurs corticaux. L'écorce, dans toute cette partie de l'axe, a de douze à quatorze assises de cellules.

Structure de la racine. — On admettait jusqu'ici que, chez les *Pinus*, le faisceau ligneux creusé en gouttière renfermait à son bord externe, dans cette gouttière, un canal sécréteur (1). Une note récente de Van Tieghem tendrait à faire adopter une opinion différente (2). Ce savant en arrive à cette conclusion que la racine des Pins a des faisceaux ligneux de forme normale, vis-à-vis de chacun desquels l'assise profonde de l'épais péricycle produit un canal sécréteur. La gouttière ou étui vasculaire qui borde ou entoure ce canal, est une lame de vaisseaux extraligneux péricycliques, surajoutée au faisceau ligneux pour servir à la nutrition et à l'insertion des radicelles, qui joue un rôle analogue au tissu de transfusion de la feuille.

Il est assez difficile de se prononcer catégoriquement entre ces deux opinions : tout dépend du sens plus ou moins large que l'on veut accorder au mot péricycle.

Quand, un peu au-dessous des cotylédons, j'ai signalé

(1) Van Tieghem. Mémoire sur la racine. Loc. cit.

(2) Van Tieghem. Sur la structure primaire et les affinités des Pins (Journal de botanique, 1891).

entre les faisceaux cotylédonnaires, des massifs procambiaux destinés à se différencier en faisceaux libéro-ligneux foliaires, je ne les ai point considérés comme étant de nature péricyclique, malgré leur situation ; il me paraît en être de même de ces ailes vasculaires et de ces canaux sécréteurs : ils auraient leur méristème propre.

En effet, je serais porté à considérer ces canaux sécréteurs opposés aux faisceaux ligneux de la racine comme appartenant au système de canaux ligneux du bois de la tige et de la racine : on le rencontre dans les mêmes genres (*Pinus*, *Larix*, *Pseudotsuga*, *Picea*) (1) ; il n'y aurait pas, selon nous, chez ces plantes deux systèmes distincts, l'un péricyclique opposé aux faisceaux ligneux de la racine, le second ligneux. Dans ces genres, la structure de la racine primaire est normale ; la face interne des faisceaux libériens est bordée par de petites cellules de méristème dans lesquelles s'établira la zone génératrice ; il y a également au bord externe des faisceaux ligneux et sur les côtés un méristème qui fournit, avant les premières cloisons tangentielles de la zone génératrice, les premiers canaux sécréteurs ligneux et les ailes vasculaires.

Quoi qu'il en soit de cette idée, je tenais à la préciser sous cette forme : il y a des questions qui ne peuvent être résolues du même coup avec certitude, elles dépendent d'un ensemble de faits qui s'élucident lentement : c'est le cas en anatomie végétale pour un grand nombre de points.

La racine d'une plantule à douze cotylédons, dans le *Pinus pinea*, possède six faisceaux à la racine (fig. 7, Pl. XIII).

L'écorce est divisée en deux zones : la zone externe limitée extérieurement par l'assise pilifère ne comprend

(1) Le genre *Tsuga*, qui n'a pas de canaux sécréteurs dans le bois, ne possède pas ce système de canaux dits péricycliques.

que trois ou quatre assises de cellules petites, arrondies, colorées; l'interne en possède huit à neuf avec cellules plus grandes. L'endoderme se divise d'assez bonne heure par une première cloison tangentielle qui se forme intérieurement aux plissements.

Le péricycle a une épaisseur de sept à huit cellules : c'est la seule région qui possède, dans la racine, des tubes sécréteurs (1) ; ces derniers dans l'axe hypocotylé abondaient dans la moelle, dans le péricycle, dans les rayons ; ils existaient sous l'épiderme et quelques-uns s'aventuraient dans l'écorce.

La moelle est large ; sur son pourtour, est un parenchyme à cellules petites, pleines d'activité.

Les faisceaux ligneux sont cunéiformes (fig. 8, B, Pl. XIII), sans développement, à ce stade, d'ailes vasculaires.

Les faisceaux libériens ne présentent rien de particulier ; à leur côté interne, se trouvent ces petites cellules dans lesquelles se développera la zone génératrice.

Nous avons pris le cas d'une plantule à 12 cotylédons et possédant six faisceaux à la racine. Il se produit fréquemment des variations dans le nombre des cotylédons et celui des faisceaux ; ainsi, avec treize cotylédons, la plantule peut n'avoir que cinq faisceaux, alors qu'avec onze cotylédons seulement, elle en a quelquefois six : la course des faisceaux que nous avons établie dans ces deux cas (fig. 9, 10, Pl. XIII), fait comprendre suffisamment par suite de quelle combinaison.

Il nous reste à étudier le développement de l'axe épicotylé et de ses premières feuilles.

1° *Structure des feuilles primordiales.* — Les feuilles

(1) Je désigne sous ce nom des cavités étroites produites par écartement des cellules, au moins le plus souvent ; ce sont des méats, leur paroi est cutinisée, leur contenu coloré, et ils sont très allongés suivant l'axe, très abondants dans les plantules ; ils m'ont paru, peut-être à tort, mal étudiés.

qui se montrent après les cotylédons sont dites feuilles primordiales ; elles ont sur leurs bords des poils coniques assez allongés. Dans une germination peu avancée, nous trouvons ces feuilles moulées dans les intervalles cotylédonnaires (fig. 1, Pl. XIV) ; leur section a ainsi deux faces externes faisant entre elles un angle très obtus ; deux faces latérales suivant lesquelles elles se soudent et une face interne qui les rattache à la tige. A ce moment, elles sont encore très jeunes, le faisceau central est à l'état procambial : c'est un simple massif de cellules nucléées en voie de cloisonnement (fig. 2, Pl. XIV) ; la première trachée se différencie avant les cellules conductrices du liber ; ces dernières se forment par deux ou trois rangées parallèles de cellules, dans lesquelles le cloisonnement s'opère tangentiellement ; le massif tout entier est d'ailleurs entouré par des assises subissant le même mode de division tangentielle. Le mésophylle est homogène sans indication de plissements à l'assise interne, dont il est d'ailleurs impossible de préciser la place à ce stade ; aux deux faces latérales, se trouve le canal sécréteur en formation. Ces feuilles se continuent dans la tige par le rachis phytonnaire avec leur faisceau et leurs deux canaux sécréteurs ; il ne faut pas oublier que d'autres rachis phytonnaires sont plus intérieurs et moins avancés en différenciation : ce sont choses qu'il est bon de se rappeler, si l'on veut comprendre une section transversale de la tige.

2° *Structure de la tige.* — Un peu avant le départ des cotylédons, la tige, outre les douze faisceaux cotylédonnaires, en a douze situés plus profondément : ce sont les foliaires des douze premières feuilles primordiales occupant les douze intervalles cotylédonnaires. Six d'entre eux sont plus avancés en différenciation ; ils correspondent aux phytons qui se trouvent dans

le plan vertical des faisceaux libériens de la racine et qui, par là même, sont plus favorisés pour leur nutrition. Chacun des foliaires est accompagné de ses deux canaux sécréteurs qui se montrent plus ou moins haut.

La théorie phytonnaire seule pouvait nous faire prévoir ce résultat d'après la structure de la feuille et le nombre de ses canaux sécréteurs.

L'interprétation d'une section de la jeune tige à un niveau quelconque au-dessus des cotylédons n'offre plus dès lors aucune difficulté (fig. 3, Pl. XIV).

1° L'écorce est cannelée par suite des divers états de coalescence des rachis phytonnaires ;

2° Un nombre variable de faisceaux foliaires, situés plus ou moins profondément dans l'écorce, suivant qu'ils sont plus ou moins près du niveau d'insertion de la feuille ;

3° Un nombre double de canaux sécréteurs accompagnant les foliaires et situés également à des profondeurs variables dans l'écorce. Ce nombre se trouve réduit d'ordinaire, car, chaque fois que deux canaux sécréteurs — l'un appartenant à une feuille inférieure et l'autre à une feuille supérieure — se trouvent dans le même plan vertical, ils se confondent (fig. 3, A, Pl. XIV). Le nombre normal des canaux sécréteurs n'existe qu'au début de l'axe épicotylé, au départ des cotylédons.

Les variations du cycle foliaire étant assez compliquées dans le *Pinus pinea*, nous nous bornerons à l'énoncé de cette règle, nous réservant de la mettre en pleine lumière dans le *Pinus Laricio* ;

4° La couronne libéro-ligneuse avec foliaires à structure normale (fig. 5, Pl. XIV) et faisceaux anastomotiques : ces derniers ne sont autre chose que la terminaison de faisceaux foliaires supérieurs ;

5° Une moelle très large.

Avant d'étudier plus en détail chacune de ces parties,

nous pouvons rectifier une interprétation qui s'est produite au sujet de la nature des canaux sécréteurs de l'écorce dans les Pinus (1). Van Tieghem admet que les canaux qui se trouvent en dehors de la couronne libéro-ligneuse sont péricycliques. « Que ces canaux soient péricycliques et non corticaux, c'est ce qu'on peut décider, dit-il, en l'absence de preuves directes résultant d'une différenciation de l'endoderme, par l'étude des nœuds. A chaque nœud, en effet, le faisceau foliaire intercalé à deux réparateurs s'échappe dans l'écorce en passant entre les deux canaux sécréteurs voisins qui restent en place ; puis apparaissent dans l'écorce de chaque côté du faisceau foliaire deux nouveaux canaux sécréteurs qui pénètrent dans la feuille avec lui. En résumé, si l'on fait abstraction de ce faible prolongement dans l'écorce des canaux sécréteurs foliaires, la région inférieure, non caractérisée de la tige et sans doute aussi la tige adulte du *Pin normal* ne renferme dans sa structure primaire qu'un seul cercle de canaux péricycliques, superposés à ses faisceaux réparateurs. »

Nous avons établi qu'il y a continuité entre les canaux sécréteurs de la feuille et ceux de l'écorce de la tige, tout comme il y a continuité entre le faisceau foliaire et sa trace dans la tige. Lorsqu'un faisceau foliaire de la feuille arrive dans le rachis avec ses deux canaux sécréteurs, ceux-ci ne se terminent pas brusquement à leur arrivée dans l'écorce, pour laisser place à un second système péricyclique ; ces canaux viennent se ranger en cercle dans l'écorce, et comme ils se trouvent le plus souvent dans le plan vertical d'un canal appartenant à une feuille supérieure, ils se continuent avec lui (fig. 3, A, Pl. XIV) : le moment où les deux se fusionnent est marqué fig. 4,

(1) Ph. Van Tieghem. Sur la structure primaire et les affinités des Pins. Loc. cit.

Pl. XIV. Si le lecteur n'est pas convaincu, qu'il veuille bien attendre la description des autres espèces et en particulier du *Pinus Laricio.*

Ces canaux qui ne forment qu'un seul système, occupent le mésophylle dans la feuille ; dans la tige, ils se trouvent dans l'écorce, continuation du mésophylle. En considérant la tige comme un agrégat de rachis phytonnaires, ces faits sont prévus, avant l'observation directe qui les vérifie complètement et les met au-dessus de toute contestation.

Van Tieghem admet d'autre part que « dans les espèces où l'appareil sécréteur se développe avec le plus d'abondance (*Pinus Pinaster, Pinea*, etc.), la tigelle possède deux systèmes de canaux sécréteurs, l'un péricyclique, *continuation vers le haut de celui de la racine terminale*, l'autre cortical, prolongement vers le bas de celui des cotylédons (1).

Si l'on veut comprendre la tige comme nous le faisons, on verra bien à priori l'impossibilité de la chose ; audessus des cotylédons, le système de canaux sécréteurs est cortical, nous venons de le dire; il ne peut se continuer avec le système dit péricyclique de la racine et il n'y a aucune communication, comme on pourra le vérifier ; axe hypocotylé et axe épicotylé ont cependant deux systèmes de canaux sécréteurs comparables. Le premier, pour lequel il n'y a pas d'hésitation possible, est le système de canaux corticaux ; dans l'axe hypocotylé, il est situé moins profondément dans l'écorce ; dans l'axe épicotylé, la tige et les rameaux, il est situé plus profondément ; cette différence insignifiante tient simplement à la place des canaux sécréteurs dans les cotylédons et les feuilles. Le second système est celui des canaux ligneux ; si l'on considère, avec nous, les canaux sécréteurs de la racine simplement comme les premiers formés, l'amorce des

(1) Van Tieghem. Loc. cit. p. 282.

canaux sécréteurs qui se trouvent dans le bois secondaire, les deux systèmes de la tige et de la racine seront également comparables; on sait que, chez les *Pinus*, les canaux sécréteurs peuvent aussi se produire dans les faisceaux primaires de la tige.

En résumé, il n'existe, selon nous, que deux systèmes de canaux sécréteurs : les uns corticaux, les autres ligneux.

Examinons plus en détail chacune de ces parties. La surface de la tige indique, par le nombre des côtes, la quantité de phytons qui, à ce niveau, prennent part à sa formation.

Depuis le liber jusqu'à l'épiderme, au fond des sillons, il y a de douze à quinze assises de cellules ; il y en a une vingtaine ou davantage en face les côtes ; leur grandeur ne diffère pas sensiblement.

Les canaux sécréteurs se trouvent au milieu de l'écorce, en couronne et séparés du liber stratifié par six assises de cellules ; les cellules sécrétrices nombreuses sont entourées par quelques tubes à paroi cutinisée : ces mêmes tubes se rencontrent çà et là dans l'écorce et la moelle, mais plus particulièrement au voisinage du liber primaire écrasé et des trachées, c'est-à-dire dans les parties qui correspondent au péricycle interne et externe. Comme les canaux sécréteurs, sauf réduction, accompagnent par deux les foliaires et sont placés de chaque côté à quelque distance, il en résulte que chaque faisceau anastomotique semble avoir deux canaux qui lui correspondent.

La moelle est très large : on compte de trente à quarante cellules suivant le diamètre, sauf à la pointe des faisceaux où les cellules du péricycle interne sont plus petites ; cet ensemble est homogène.

Dans la couronne libéro-ligneuse, à chaque côte assez prononcée, correspond un faisceau foliaire déjà engagé dans l'écorce et flanqué de ses deux canaux sécréteurs

(fig. 3, Pl. XIV). Entre chacun de ces foliaires, plus profondément, se trouvent rangés en couronne les anastomotiques. Ces faisceaux anastomotiques ont autant de pointements trachéens qu'ils renferment de faisceaux constituants, et il suffit qu'entre deux côtes, on aperçoive un début de décurrence foliaire pour que, dans la couronne libéro-ligneuse, le faisceau foliaire correspondant se dégage du milieu de l'anastomotique. Dans ces faisceaux, le bois peut ne comprendre que quelques trachées et vaisseaux primaires, alors que la zone génératrice et libérienne est déjà très épaisse, le liber primaire étant écrasé contre le péricycle. Le péricycle ne se reconnaît qu'à la présence de ces tubes à paroi cutinisée qui accompagnent le faisceau dans la feuille ; mais par suite de l'absence d'endoderme dans la tige, on ne saurait lui tracer de limites précises. Ce n'est qu'un peu plus tard, que les canaux sécréteurs se montrent dans le bois secondaire.

2° Pinus laricio Poir.

(Pl. XV, fig. 1-15.)

Dans l'étude de cette espèce, nous nous efforcerons de bien mettre en évidence la structure phytonnaire, ainsi que les modifications qui se produisent avec l'âge dans la plantule.

La plantule possède normalement huit cotylédons ; au-dessus, les feuilles primordiales, du moins dans les deux ou trois premiers entre-nœuds, sont disposées presque régulièrement en verticilles de quatre (fig. 8, Pl. XV); plus haut, il se produit des variations et le cycle n'est pas toujours facile à déterminer.

Structure des cotylédons. — Les cotylédons sont dépourvus de canaux sécréteurs : le faisceau foliaire est

entouré d'un endoderme complet ; mais le péricycle est réduit à deux assises ; l'endoderme est séparé de l'épiderme du côté externe par six assises de parenchyme environ.

Structure de l'axe hypocotylé. — Dans l'axe hypocotylé, tout en haut, après coalescence des rachis phytonnaires, il y a huit faisceaux rangés en cercle ; dans l'intervalle de deux en deux, se montre un massif procambial qui est l'amorce des quatre premiers faisceaux foliaires ; dans les quatre autres intervalles, un peu plus bas, nous trouvons un canal sécréteur ; assez rapidement les faisceaux libériens s'unissent tangentiellement par deux dans les intervalles qui correspondent aux foliaires et les faisceaux ligneux se groupent deux par deux avec un bois très réduit dans les intervalles qui correspondent aux canaux sécréteurs (fig. 3, Pl. XV).

L'écorce comprend huit assises de cellules ; le péricycle est bisérié ou trisérié, les quatre faisceaux libériens ont la forme d'un demi-cercle, le faisceau ligneux a sa pointe séparée du canal sécréteur par une ou deux assises de parenchyme et les vaisseaux, un peu au-dessous du groupement, par deux des faisceaux cotylédonnaires, prennent la disposition centripète qu'ils conserveront dans la racine. Le cylindre central de l'axe hypocotylé a depuis longtemps la disposition normale de la racine, alors que l'écorce est encore recouverte de l'épiderme (fig. 5, Pl. XV).

Structure de la racine. — Lorsque l'épiderme est remplacé par l'assise pilifère, le cylindre central n'éprouve pas grande modification ; seule l'assise externe de l'écorce se trouve profondément modifiée par l'adjonction d'un manchon de petites cellules arrondies, qui s'exfolie facilement ; j'ai vu se produire une division d'un faisceau ligneux : le canal sécréteur se divise en deux et la masse ligneuse

qui lui correspond s'étend tangentiellement et se divise également en deux faisceaux.

Variations de structure de la plantule. — La plantule peut posséder dix cotylédons et cinq faisceaux à la racine ; c'est là néanmoins une structure normale ; mais on trouve en outre, avec le nombre huit des cotylédons, quelques variations notables : ainsi, par exemple, des quatre canaux sécréteurs de la racine qui se montrent au-dessous des cotylédons, deux peuvent se trouver opposés directement à un faisceau cotylédonnaire, au lieu de correspondre à l'intervalle de deux (fig. 2, 4, Pl. XV); des modifications analogues se montrent avec sept cotylédons; ces variations retentissent, comme nous le verrons, sur la structure secondaire.

Etudions maintenant une plantule plus âgée, possédant déjà un certain nombre de feuilles ; ces feuilles sont très rapprochées les unes des autres ; elles sont disposées, comme nous le savons, au moins les huit premières, par verticilles de quatre ; elles ressemblent beaucoup aux cotylédons, mais sont plus larges, aplaties et à bords dentés.

Commençons l'étude de cette plantule par la racine ; toute l'écorce a ses parois cutinisées jusqu'à l'endoderme qui a subi des cloisonnements tangentiels ; elle est destinée à être exfoliée. Au centre, les quatre faisceaux ligneux forment une étoile à quatre branches qui arrivent presque à se toucher tangentiellement, emprisonnant une moelle réduite à cinq ou six cellules. Nous avons vu que, dans la structure primaire, chaque faisceau libérien était bordé du côté de la moelle par des cellules plus petites : c'est dans ces cellules que s'établit la zone génératrice ; elle a donné naissance à quatre masses libéro-ligneuses qui sont encore séparées les unes des autres par les faisceaux ligneux et les canaux sécréteurs; chacun de ces

cordons ne comprend que des fibres ligneuses traversées par des rayons médullaires unisériés ; le liber secondaire, en se développant, a comprimé le liber primaire devenu inutile.

En approchant des cotylédons, la même structure des cordons se conserve, mais ils sont réunis à ce niveau par les bandes ligneuses qui proviennent du groupement par deux des faisceaux cotylédonnaires (fig. 6, Pl. XV).

Plus haut, les faisceaux cotylédonnaires s'isolent et passent dans chaque cotylédon.

A tous ces différents niveaux, l'endoderme a isolé l'écorce en produisant du liège par division tangentielle, et ce liège s'étend même en arc dans les cotylédons à leur base.

Les huit cotylédonnaires étant groupés par deux, les quatre cordons anastomotiques occupent les intervalles (fig. 9, 10, Pl. XV) ; un peu plus haut, les cotylédons s'isolent (fig. 11) et alors commence l'axe épicotylé.

Il débute par quatre phytons foliaires qui sont dans le plan vertical des quatre cordons de la racine ; il est évident qu'il n'y a pas là une simple coïncidence ; chaque phyton comprend un foliaire et deux canaux sécréteurs : la tige, qui résulte de leur union, aura quatre foliaires et huit canaux sécréteurs ; c'est bien ce qui a lieu et lorsque la tige ne possède à ce niveau que six ou sept canaux sécréteurs, c'est que l'un d'eux n'a pas encore fait son apparition.

Le second verticille se compose également de quatre phytons alternes avec les premiers (fig. 8) ; si chaque partie du système restait indépendante, la tige posséderait à un certain niveau seize canaux sécréteurs (8+8), huit foliaires dont quatre sortants et quatre plongés au milieu des anastomotiques ; en réalité, il y a des réductions, mais elles ne portent que sur le nombre des canaux sécréteurs. Ce nombre est réduit de moitié pour la raison sui-

vante : il se trouve que le canal sécréteur occupant le côté d'un phyton du verticille supérieur est immédiatement superposé au canal sécréteur du phyton inférieur ; dans ces conditions, ils se continuent directement, c'est ce que montre mieux que toute description la fig. 14, dans laquelle les canaux sécréteurs sont représentés par les lignes en pointillé. Le nombre des canaux sécréteurs peut encore être réduit si les deux canaux voisins des phytons d'un même verticille se rapprochent et s'unissent en un seul.

Avec cette manière d'envisager la tige, on se rend compte de la structure normale, de la constitution mathématique d'une plante ; on se rend compte de même des variations qui peuvent s'y produire et de leur signification.

Ainsi, encore un autre exemple : il arrive que le premier verticille se place mal, parce que la jeune plantule n'a pas donné, à la façon habituelle, insertion aux faisceaux de la racine (fig. 14) ; deux des faisceaux foliaires, superposés directement aux faisceaux cotylédonnaires, se divisent et portent à six le nombre des cordons anastomotiques dans l'axe hypocotylé (fig. 13 et 14) ; dans la fig. 13, deux des anastomotiques forment avec le cotylédonnaire B une masse libéro-ligneuse unique.

A partir du 2e verticille, il arrive souvent que le cycle foliaire tend à changer (fig. 12) ; l'un des phytons précédant les autres avec son foliaire F déjà isolé. Le nombre des foliaires et des canaux sécréteurs aux différents niveaux se trouve naturellement sous la dépendance du cycle foliaire ; il est aisé de le comprendre après ce qui précède.

Nous venons de voir, pour ainsi dire, l'agencement des phytons dans la plantule ; examinons maintenant leur structure dans leur partie libre (feuille) et dans leur partie coalescente (rachis).

Structure des feuilles primordiales. — Ces feuilles sont aplaties (fig. 15) ; les deux canaux sécréteurs se portent sur les côtés vers la face externe : ils sont d'abord séparés de l'épiderme par une ou deux assises de cellules et arrivent souvent ensuite à le toucher ; l'endoderme entoure complètement le faisceau qui comprend un péricycle bisérié ; le mésophylle est formé en général de deux assises de cellules du côté de la face interne et du côté de la face externe : il est plus épais dans les ailes et plissé ; les stomates sont distribués sur la face externe. En se rapprochant de la tige, on voit le tissu plissé remplacé par ce mésophylle homogène à larges cellules que nous retrouvons dans l'écorce de la tige.

Structure de la tige. — La tige est parcourue à sa surface par autant de côtes qu'il y a de rachis prenant part à sa formation (fig. 12) ; elle comprend huit assises environ formant un parenchyme homogène à cellules polyédriques ; les canaux sécréteurs y forment un cercle situé à quelque distance de la couronne libéro-ligneuse ; les règles établies précédemment indiquent leur position, leurs relations, leur nombre. Les faisceaux foliaires sont à diverses profondeurs dans l'écorce ; il y a dans la couronne quatre faisceaux anastomotiques intercalés aux faisceaux foliaires ; on n'observe encore à cet âge aucun canal sécréteur dans le bois. La moelle est réduite et son épaisseur varie du simple au double ; il n'existe pas de limite tranchée entre la moelle et le péricycle interne ; il n'en existe pas davantage entre le liber et l'écorce. Les relations des faisceaux foliaires et des faisceaux anastomotiques son suffisamment indiquées par les fig. 10 et 14, Pl. XV.

3° Pinus sylvestris L.

(Pl. XVI, fig. 1-2.)

Les plantules étudiées étaient plus âgées que celles des deux espèces précédentes ; elles provenaient d'un semis fait en octobre 1891 : elles furent arrachées et placées en collection en février 1893. Tous les pieds étaient loin d'avoir atteint le même développement, ils étaient ramifiés ; ces plantules possédaient, dispersées çà et là, des aiguilles géminées à l'aisselle des feuilles primordiales, soit sur la tige principale, soit sur les rameaux ; nous avons rencontré assez fréquemment ces aiguilles réunies par trois dans la même gaine.

Le nombre des cotylédons varie de six à neuf : au stade étudié ici, il n'en reste plus que des traces desséchées.

Les feuilles primordiales sont serrées sur la tige ; elles sont ciliées sur leurs bords ; sur leur section, on ne voit aucune trace d'hypoderme ; le mésophylle a des cellules déjà plissées ; l'endoderme est bien différencié (fig. 1, Pl. XVI) ; le péricycle est bisérié : des aréoles se montrent sur les cellules quand il est âgé. On voit particulièrement bien, dans cette espèce, cette lame à gros noyaux qui établit une communication entre l'endoderme et les tubes criblés du liber, de chaque côté du faisceau (fig. 2, T, Pl. XVI) ; elle a été signalée d'abord par Strasburger (Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen, p. 102, Iéna, 1891) ; elle existe chez un grand nombre d'espèces, plus ou moins développée (1).

La feuille a deux canaux sécréteurs situés sous l'épiderme.

Ce que nous désirions étudier sur ces plantules âgées, ce sont les modifications apportées par l'âge à la struc-

(1) Van Tieghem. Structure et affinités des Abies. Loc. cit.

ture primaire telle que nous l'avons interprétée, nous voulions nous faire également une opinion personnelle sur la nature des aiguilles.

Dans l'axe hypocotylé et la racine, les modifications apportées par l'âge proviennent du fonctionnement de la zone génératrice qui rejoint ses bords en passant à la face externe des canaux sécréteurs ; dès lors tout est réuni en une couronne complète ; le bois se forme en très grande quantité ; il renferme des canaux sécréteurs semblables aux premiers formés dans la racine ; ils sont séparés des fibres ligneuses par un manchon de cellules de parenchyme ; dans les rayons médullaires, il n'y a qu'un seul rang de cellules à gros noyau ; elles sont étroites, mais assez longues suivant le rayon ; l'épaisseur du liber secondaire est relativement faible ; au voisinage de la moelle, toutes les parties ligneuses, isolées d'abord dans la structure primaire, sont réunies plus tard par une lignification des éléments qui les entoure.

Dans la tige, les cellules s'exfolient par suite de la formation d'un liège dans la zone externe de l'écorce ; les autres ont suivi l'accroissement tangentiel et se sont cloisonnées radialement ; elles sont arrondies, unies en tissu lâche ; elles sont nucléées pour la plupart; les cellules des canaux sécréteurs conservent leur noyau.

Les cellules de la moelle sont arrondies, dissociées par endroits, surtout au centre : la présence d'un noyau atteste qu'elles sont vivantes.

Parmi les cellules vivantes, outre celles qui constituent la zone génératrice, nous devons citer les grandes cellules des rayons médullaires qui, disposées sur un seul rang, se sont allongées radialement, et les cellules du parenchyme ligneux qui accompagnent les canaux sécréteurs du bois.

Le bois secondaire a pris un très grand développement, la zone génératrice ne fournissant guère que des éléments

ligneux ; le liber secondaire a une faible épaisseur et il se réduit à quelques assises de cellules conductrices et de parenchyme libérien ; on sait que chez les *Pinus*, le liber secondaire est dépourvu de fibres (1).

Rameaux courts et aiguilles. — Sans vouloir faire ici des rameaux courts et des aiguilles, chez les Conifères, une étude spéciale, voici les points qui peuvent être mis en évidence, lorsqu'on s'appuie sur la théorie phytonnaire :

1° Les rameaux courts sont des rameaux dans lesquels les phytons de la base ont avorté dans leur partie foliaire ; il en résulte des faisceaux foliaires très petits ;

2° A cet avortement, on peut opposer un développement important des deux phytons supérieurs ; il en résulte une importance très grande des faisceaux anastomotiques du rameau qui ne sont autre chose que la trace des foliaires des aiguilles ;

3° Une caractérisation trop rapide des tissus des aiguilles est probablement la cause qui a empêché les phytons supérieurs à ces aiguilles de prendre part à la continuation de ce rameau.

Nous allons essayer de bien préciser chacun de ces points. Le rameau court, sur les plantules, naît à l'aisselle d'une feuille primordiale ordinaire ; sur l'arbre adulte, il se trouve à l'aisselle d'une écaille. Une section de la base, intéressant la feuille axillaire, comprend :

Une écorce traversée presque horizontalement suivant le diamètre parallèle à la feuille axillaire, par deux faisceaux foliaires réduits à quelques trachées, deux canaux sécréteurs sont placés à droite et à gauche de ces faisceaux ; un troisième faisceau foliaire se détache, à un niveau légèrement supérieur, dans la direction opposée à la feuille, et il est lui-même accompagné de deux canaux

(1) Bertrand. Loc. cit.

sécréteurs. D'autres faisceaux semblables, avec canaux sécréteurs, se succèdent suivant le cycle foliaire existant sur ce rameau ($\frac{5}{13}$) et on constate facilement que tous se rendent dans les feuilles rudimentaires, dans les écailles qui constituent une sorte de gaine desséchée ; ces écailles très élargies se recouvrent en préfoliation imbriquée ; leurs cellules sont petites, à paroi cutinisée, le mésophylle a une épaisseur de cinq assises au milieu ; sur les bords, il se trouve réduit à une seule assise située entre les deux épidermes.

Le cylindre central a la structure d'un rameau ordinaire avec ses faisceaux foliaires et ses faisceaux anastomotiques ; le nombre de ces derniers (4-6) correspond au nombre des faisceaux foliaires qui quittent le cylindre central.

Dans cette partie, le rameau court se compose de phytons dont la partie foliaire est réduite et meurt de très bonne heure ; leur rachis est également court, mais il reste vivant et possède exactement la structure qu'il a dans la tige ou les branches ordinaires ; chaque faisceau foliaire est accompagné de ses canaux sécréteurs et les réductions qui s'opèrent dans leur nombre sont dues aux mêmes causes que celles qui ont été énoncées pour la tige.

Cette structure se conserve jusqu'au niveau où les aiguilles remplacent les écailles. Le voisinage des aiguilles s'annonce par la disposition que prennent les faisceaux anastomotiques ; ils se rangent en deux arcs largement séparés ; à ce niveau, l'écorce possède un certain nombre de faisceaux foliaires et de canaux sécréteurs qui vont s'éteindre à la base des dernières écailles.

Les phytons à écailles ayant disparu, il ne reste plus que les deux phytons à aiguilles ; la structure de l'axe à ce niveau comprend donc deux faisceaux foliaires et quatre canaux sécréteurs ; au centre du rameau, entre

les deux rachis, une bande de méristème représente le point végétatif ; ce point végétatif n'est pas mort ; il est formé par une centaine de petites cellules nucléées formant une bande ayant en son milieu une épaisseur de sept ou huit cellules sur une longueur d'une vingtaine. Ce méristème représente les rachis des phytons supérieurs aux aiguilles; leur partie foliaire, quoique réduite, était d'ailleurs bien différenciée sur les exemplaires étudiés.

On ne peut donc dire, comme on le fait, *que les aiguilles terminent le rameau court* : ce rameau est en réalité *terminé par des feuilles rudimentaires par avortement.*

Il est nécessaire de faire ressortir quelques conséquences importantes.

A. L'extrémité du rameau court portant les aiguilles nous montre un axe réduit à sa plus grande simplicité, pour la raison que les phytons supérieurs rudimentaires n'ont pu contracter avec les aiguilles les rapports ordinaires du tissu conjonctif et du tissu libéro-ligneux qui compliquent généralement la structure des axes.

B. Les aiguilles des *Pinus* ne résultent pas d'une tige qui se serait fendue à son extrémité suivant un plan vertical ; elles ne constituent donc pas d'organe spécial, sans équivalent dans les autres groupes, comme on l'a dit plusieurs fois ; ce sont des feuilles ordinaires tout comme les écailles ; seul le développement relatif des parties diffère.

C. C'est dans cet exemple que l'on voit bien nettement deux phytons ayant une partie libre (feuille-aiguille) et une partie concrescente : d'où l'axe avec ses deux faisceaux libéro-ligneux et ses quatre canaux sécréteurs.

D. L'importance de ces faisceaux de l'aiguille entraîne l'importance des faisceaux anastomotiques du rameau court.

La structure même de l'aiguille présente les particu-

larités suivantes : sa section a la forme d'un demi-cercle ; dans l'axe et au départ, le faisceau reste indivis, il possède beaucoup de bois et de liber secondaires ; il est entouré par deux ou trois assises de grandes cellules qui correspondent au péricycle, mais sans qu'il y ait comme limite un endoderme ; plus extérieurement, un mésophylle homogène à cellules nucléées, les cellules plus petites de l'exoderme et enfin l'épiderme. Plus haut, le faisceau se divise en deux coins libéro-ligneux qui font entre eux un certain angle ; l'endoderme avec cellules en tonnelet délimite nettement le péricycle commun aux deux faisceaux; le mésophylle possède des cellules plissées et l'exoderme tend à devenir fibreux.

Nous avons encore étudié, dans le genre *Pinus*, de nombreuses plantules appartenant aux deux espèces : *P. excelsa*, *P. maritima* ; tout s'y passe, à peu de chose près, comme dans les espèces déjà étudiées : cela nous dispense de détails.

4° **Pinus maritima Poir.**

(PL. XIV, fig. 6-10.)

Les cotylédons sont dépourvus de canaux sécréteurs ; avec neuf cotylédons, nous avons vu des racines à quatre faisceaux, alors qu'avec sept faisceaux, certaines plantules avaient cinq faisceaux à la racine ; la course longitudinale des faisceaux cotylédonnaires et leurs rapports avec les faisceaux de la racine sont indiqués dans les figures 9 et 10, Pl. XIV.

5° **Pinus excelsa Wall.** *(Eustrobus).*

Les cotylédons sont dépourvus de canaux sécréteurs ; il y en a de huit à dix avec quatre faisceaux à la racine. Le péricycle est peu épais, réduit à quatre ou cinq

assises ; les canaux sécréteurs se montrent de très bonne heure ; il existe de nombreux tubes sécréteurs sous l'épiderme et dans le péricycle.

GENRE PICEA

Les feuilles des *Picea* reposent sur de volumineux coussinets ; elles sont tétragones, persistantes, dressées sur les rameaux comme celles des *Cedrus* et des *Larix*. Le tissu fondamental de la feuille n'est pas différencié en parenchyme, en palissade et en parenchyme rameux ; les stomates se trouvent sur les deux faces du limbe et forment quatre groupes, deux à la face supérieure de la feuille et deux à la face inférieure ; chaque feuille a deux canaux sécréteurs accolés à l'épiderme de la face inférieure, à droite et à gauche de la nervure (1).

Daguillon a étudié avec soin les cotylédons et les feuilles primordiales du *Picea excelsa* ; il a constaté que ces dernières étaient finement dentées, au lieu d'être lisses comme celles des années suivantes ; il a vu également que leur section était fréquemment aplatie, au lieu d'être tétragone, et que l'hypoderme y est absent ou à peine indiqué (2).

Notre étude a porté sur la plantule entière du *Picea alba* ; les résultats nouveaux se rapportent au mode d'union de la tige et de la racine, à la structure de l'axe, à la disposition des canaux sécréteurs et aux variations de structure suivant les individus considérés.

(1) Bertrand. Loc. cit. p. 84.
(2) Daguillon. Loc. cit. p. 255-263.

1° Picea alba Ait.

(Pl. XVI, fig. 3-14.)

C'est sous le nom d'*Abies alba* que m'ont été fournies les graines qui ont donné les plantules étudiées ici ; je pensais avoir affaire à l'*Abies alba* Mill (*A. pectinata* D. C.) ; mais son étude achevée, je me suis aperçu que cette plante n'était pas un ABIES, mais un PICEA, très probablement le *Picea alba*. Ce fait n'a rien qui puisse surprendre, les espèces du genre *Picea* ont été longtemps réunies aux *Abies*, et le public désignant indifféremment du nom de sapins les véritables *Abies* et les Epicéas.

La plantule possède de cinq à sept cotylédons qui restent longtemps engagés dans la coque de la graine (fig. 3, Pl. XVI).

Structure des cotylédons. — La section des cotylédons est triangulaire ; la pointe est tournée vers l'intérieur et le triangle est à peu près équilatéral. Au milieu se trouve le faisceau libéro-ligneux entouré par un endoderme à grandes cellules ; le mésophylle est homogène ; il ne possède pas de canaux sécréteurs.

Structure de l'axe hypocotylé. — Les rachis cotylédonnaires deviennent coalescents à la façon normale pour constituer l'axe hypocotylé et les six faisceaux libéro-ligneux se rangent en cercle (fig. 5, Pl. XVI) ; si la plantule est assez âgée, on trouve ces six faisceaux rapprochés par deux et, dans chacun des trois intervalles, un faisceau libéro-ligneux foliaire à l'état procambial ou différencié ; ils sont destinés aux premières feuilles.

L'écorce a quatre ou cinq assises de cellules, le péricycle en a trois ou quatre.

Descendons vers la racine : nous voyons les faisceaux

libériens s'unir tangentiellement par deux ; ils se continuent ainsi directement (fig. 5, 6, 7, Pl. XVI) par un faisceau libérien de racine ; vers le haut, ils se trouvent en communication immédiate avec les faisceaux foliaires.

D'un autre côté, au milieu des faisceaux ligneux cotylédonnaires également groupés par deux, on voit poindre les premières trachées des faisceaux ligneux de la racine ; les éléments vasculaires à développement centripète s'ajoutent à mesure que les éléments ligneux cotylédonnaires diminuent (fig. 7, Pl. XVI).

Structure de la racine. — La racine, d'après ce qui vient d'être dit, est ternaire : elle possède trois faisceaux ligneux qui confluent vers le centre en formant une étoile à trois branches et trois faisceaux libériens alternes bien développés. Il y a quatre assises de cellules à l'écorce et à peu près autant au péricycle ; les premières cutinisent leur membrane de bonne heure ; à ce moment, il n'y a pas trace de canaux sécréteurs opposés aux faisceaux ligneux.

Structure de l'axe épicotylé. — Immédiatement au-dessus des cotylédons, la structure de l'axe se caractérise ; la surface est cannelée et il y a autant de côtes que de rachis phytonnaires au même niveau, c'est-à-dire trois en général ; ces côtes sont des coussinets dans lesquels deux rangées de grandes cellules s'allongent suivant le rayon. Tout le reste du tissu conjonctif de l'écorce et la moelle sont formés par des cellules polyédriques beaucoup plus petites. La moelle est très réduite.

Le cylindre central comprend en général trois faisceaux foliaires F et trois faisceaux anastomotiques A (fig. 11, Pl. XVI) ; leurs relations sont indiquées en course longitudinale (fig. 13, Pl. XVI).

Dans l'écorce, se trouve un cercle de canaux sécréteurs analogue à celui des *Pinus* ; comme il y a en général trois phytons au même niveau et que chaque feuille a deux ca-

naux sécréteurs, il devrait y avoir six canaux sécréteurs dans l'écorce ; ce nombre subit les réductions signalées déjà chez les *Pinus* ; elles sont dues aux mêmes causes, ce qui réduit le nombre des canaux à quatre ou cinq ; ils se montrent immédiatement au-dessus des cotylédons (fig. 9, Pl. XVI, S) ; il peut arriver qu'une feuille soit dépourvue de canal sécréteur ; ce fait a son retentissement dans l'écorce.

Structure des feuilles primordiales. — Les feuilles les plus voisines des cotylédons sont aplaties (fig. 10, Pl. XVI) ; leur mésophylle est homogène ou peu lacuneux ; il n'y a pas d'hypoderme ; les canaux sécréteurs sont situés sous l'épiderme. L'endoderme est complet, le péricycle est peu épais (fig. 10). Ce n'est qu'un peu plus haut que les feuilles deviennent tétragones et acquièrent ainsi la forme caractéristique des *Picea*.

Les modifications que l'on observe dans la structure du *Picea alba* proviennent soit de différences dans le nombre et la disposition des phytons, soit du fonctionnement régulier des zones génératrices ; examinons d'abord les premières.

Si la plantule possède un nombre de cotylédons inférieur ou supérieur à six, le mode d'union de la tige et la course longitudinale des faisceaux subiront les mêmes variations déjà signalées chez les *Pinus* ; mais ce n'est pas tout, les premiers phytons normalement se placent, on l'a vû, dans le plan vertical des faisceaux libériens ; il y a ainsi un premier verticille de trois ; par exception, on en trouve quatre et alors l'axe hypocotylé se trouve posséder quatre foliaires et quatre anastomotiques au lieu de trois ; il suffit de signaler ces faits négligés jusqu'ici ou à peu près pour se rendre compte des particularités que l'on peut rencontrer ; les plantes sont comme les animaux, aucun individu ne ressemble complètement à un autre.

Le fonctionnement des zones génératrices se fait comme chez les *Pinus*, mais nous devons faire une remarque en ce qui concerne les canaux sécréteurs de la racine.

Une première fois, Van Tieghem a admis que les canaux sécréteurs opposés au bois primaire appartenaient à la période secondaire ; dans une note récente (1) il les considère comme péricycliques au même titre que ceux des *Pinus*.

J'ai déjà donné mon sentiment sur la nature des canaux sécréteurs des *Pinus* ; ce sont simplement les premiers formés du système qui existe dans le bois secondaire de la tige et de la racine ; l'apparition très tardive de ces canaux dans la racine terminale des *Picea* ne peut que me confirmer dans ma première opinion, de ne pas les regarder comme péricycliques.

Alors que chez les *Pinus*, ces canaux se montrent peu au-dessous des cotylédons, dans les *Picea*, il faut aller les chercher beaucoup plus bas et on ne les trouve qu'à un moment où la zone génératrice a commencé à fonctionner.

GENRE LARIX

On sait que les Mélèzes portent des feuilles dites feuilles longues à l'extrémité de pousses longues et des feuilles courtes insérées en fascicules à l'extrémité de rameaux courts ; elles sont caduques, tombent tous les ans à l'automne ; elles reposent sur des coussinets comme celles des *Picea*, mais elles sont aplaties ; le mésophylle est différencié en parenchyme, en palissade et en parenchyme rameux ; chaque feuille possède deux glandes très petites qui sont entre les cellules hypodermiques du bord de la

(1) Van Tieghem. Sur la structure primaire et les affinités des Pins. Loc. cit.

feuille et les cellules épidermiques ; les stomates ne se rencontrent qu'à la face inférieure en deux bandelettes symétriquement placées par rapport à la nervure ; les cellules du péricycle dans l'unique faisceau de la nervure sont aréolées, sclérifiées, transformées en fibres (1).

La structure des cotylédons et des feuilles primordiales a été indiquée par Daguillon pour le *Larix europaea* (2) ; nous nous sommes borné, dans cette espèce, à étudier le mode d'union de la tige et de la racine.

1° Larix europaea D. C.

(Pl. XVI, fig. 15-16.)

Dans cette espèce, le nombre des cotylédons varie de cinq à sept ; il semble que le nombre normal soit six; ces cotylédons, en section, ont la forme d'un triangle équilatéral ; le mésophylle est homogène : il renferme, d'après Daguillon, deux canaux sécréteurs aux angles externes. Dans les jeunes plantules que nous avons étudiées, aucun cotylédon ne présentait de canaux sécréteurs, alors qu'ils étaient visibles dans les feuilles primordiales ; comme conséquence directe, l'écorce dans l'axe hypocotylé était également dépourvue de canaux sécréteurs, il y a seulement des tubes sécréteurs sous l'épiderme et dans le péricycle.

Avec cinq, six ou sept cotylédons, la racine terminale est ternaire. Il est inutile de donner les détails du passage de la tige à la racine ; ce serait la reproduction de ce que nous avons dit à propos du *Picea alba*. La fig. 16, Pl. XVI, indique la course longitudinale des faisceaux cotylédonnaires donnant insertion aux trois faisceaux de la racine pour le cas d'une plantule à sept cotylédons.

(1) Bertrand. Loc. cit. p. 90.
(2) Daguillon. Loc. cit. p. 317.

Un peu au-dessous du début de l'assise pilifère, l'endoderme a des plissements radiaux ; l'écorce est à cinq rangs de cellules assez grandes ; le péricycle est constitué par quatre assises de cellules plus petites ; elles ressemblent à celles de la moelle ; les îlots libériens sont mal délimités : le faisceau ligneux, composé de cinq ou six vaisseaux, est normal à ce moment, ils sont largement séparés ; on n'observe pas encore de canal sécréteur au contact de leur première trachée et extérieurement ; il y a seulement à cette place une ou deux cellules qui se distinguent par leur gros noyau ; ce sont elles qui donneront le canal sécréteur ; sa formation est plus tardive que chez les *Pinus*, moins tardive que chez les *Picea* (1).

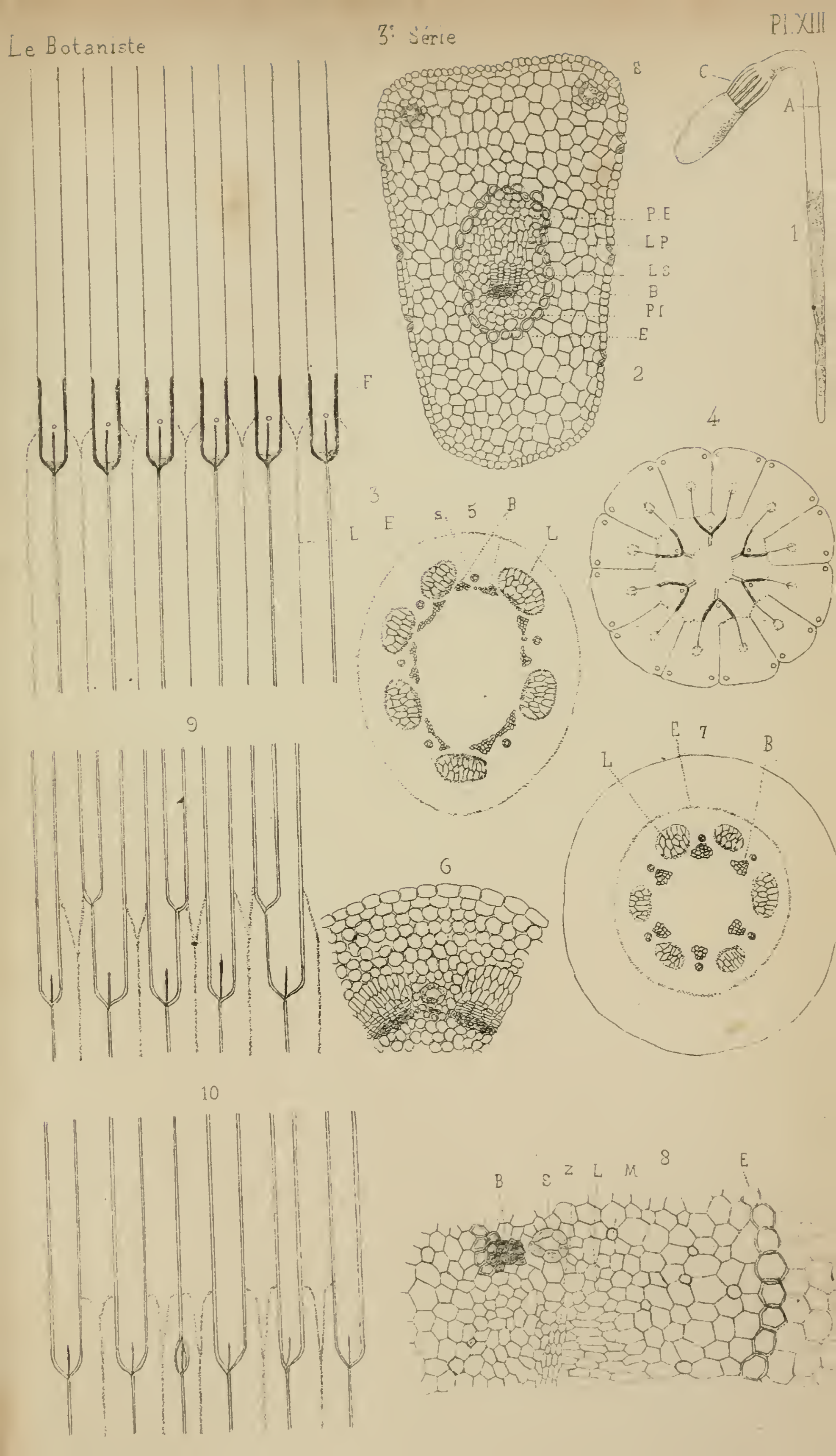
Les feuilles primordiales très jeunes ont un canal sécréteur de chaque côté de la nervure, aux extrémités ; ces feuilles sont aplaties ; leur section est celle d'un triangle surbaissé ; le faisceau procambial est analogue à celui des *Pinus* ; l'endoderme n'est pas encore différencié ; le mésophylle est homogène ; les stomates sont repartis en deux bandelettes à la face inférieure.

GENRE TSUGA

Les feuilles, excepté chez le *T. Canadensis*, sont à bords lisses ; elles sont persistantes, sessiles, portées sur un coussinet très accentué, couchées sur les rameaux ; deux bandelettes de stomates se trouvent à la face inférieure. Le mésophylle est différencié en parenchyme, en palissade et en parenchyme rameux ; sous la nervure médiane qui ne comprend qu'un seul faisceau se trouve une grosse glande résinifère qui ne pénètre pas dans la tige (2).

(1) Van Tieghem. Sur la structure primaire et les affinités des Pins. Loc. cit.

(2) Bertrand. Loc. cit. p. 87-88.


C
A
1
S
P.E
L P
L S
B
Pl
E
2
F
4
3
L
L
E
s.
5
B
L
9
E
7
B
L
6
10
8
B
S
Z
L
M
E

S F 1

S E

2

A 3

4

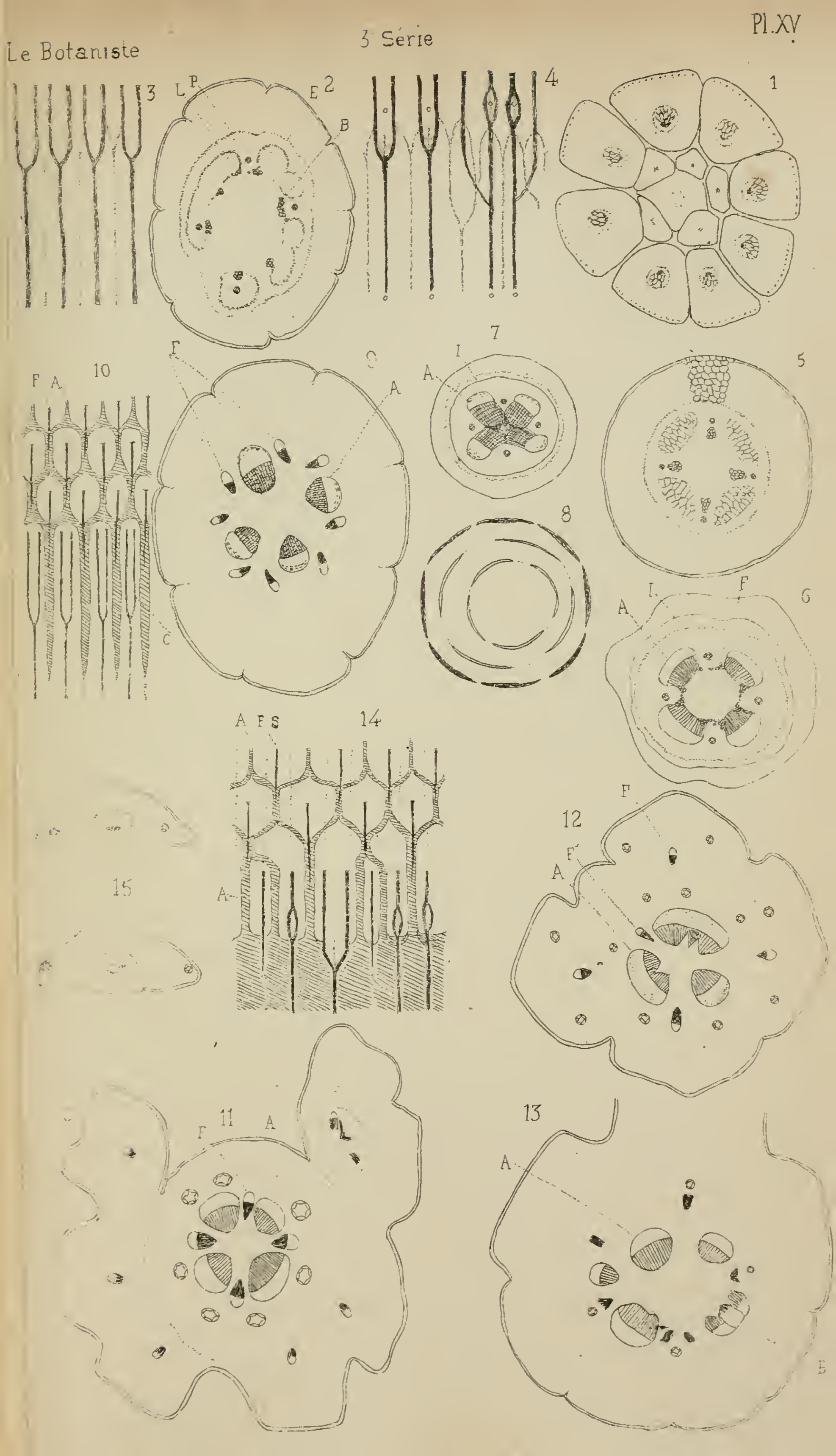
8 7

5

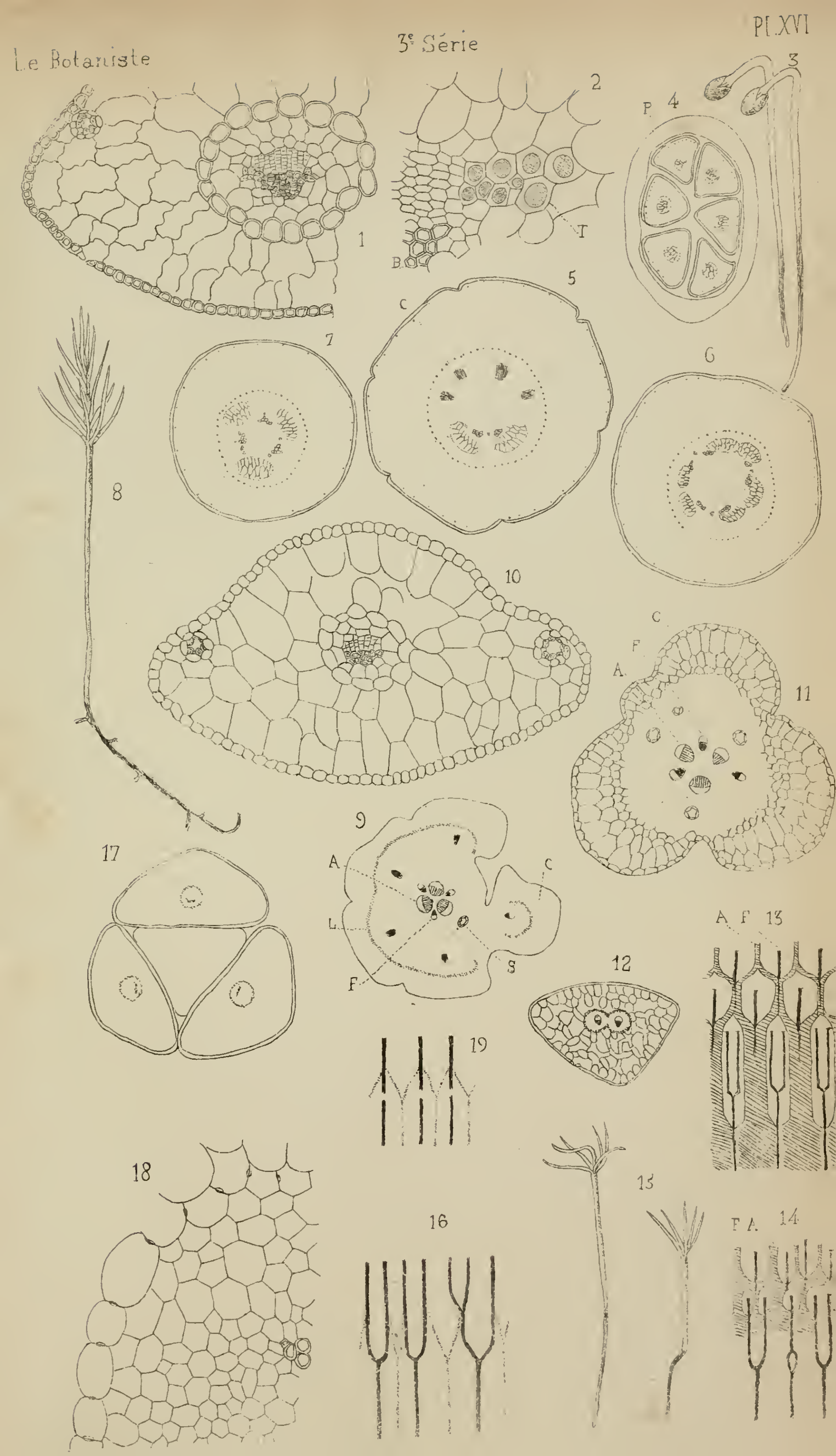
6

10

9



1
2
3
4
5
6
7
8
10
11
12
13
14
15
L
P
E
B
F
A
I
C
S


Le Botaniste
3e Série
Pl. XVI
1
2
B
T
3
P
4
5
C
6
7
8
9
A
L
F
S
C
10
11
C
F
A
12
A F 13
F A 14
15
16
17
18
19

1° **Tsuga Canadensis** (L.) Carr.

(Pl. XVI, fig. 17-19.)

Dans ce genre, nous voyons le nombre des cotylédons descendre à trois (fig. 17, Pl. XVI) ; leur section est celle d'un triangle surbaissé ; ils sont dépourvus de canaux sécréteurs, ainsi que l'écorce de l'axe hypocotylé.

Le mode d'union de la tige et de la racine est des plus simples (fig. 19, Pl. XVI); les faisceaux ligneux cotylédonnaires se continuent directement par les faisceaux ligneux de la racine ; les faisceaux libériens cotylédonnaires se divisent en deux moitiés qui se groupent par deux dans l'intervalle pour se continuer par les faisceaux libériens. La racine terminale est donc ternaire ; son péricycle est large (fig. 18, Pl. XVI) ; la présence d'un canal sécréteur axile y a été établie par Van Tieghem, ce qui place la plante dans la tribu des Myélocèles ou Cédrées.

GENREA RAUÇ ARIA

Les *Araucaria* sont des arbres à feuilles sessiles triangulaires aplaties ou subtétragones, mucronées; ces feuilles reçoivent de la tige un faisceau unique, qui se divise en passant dans l'écorce et va former dans le limbe plusieurs nervures parallèles, excepté chez l'*Araucaria Cunninghami;* le tissu fondamental de ces feuilles est fréquemment différencié en parenchyme rameux et parenchyme en palissade ; il contient des glandes résinifères qui occupent diverses positions suivant les espèces ; ces canaux sécréteurs se retrouvent dans le parenchyme cortical de la tige ; les *Araucaria*, comme les *Pinus*, possèdent donc un système de canaux sécréteurs corticaux.

Les stomates sont disposés en files parallèles aux nervures ; ils existent sur les deux faces de la feuille.

Dans les *Araucaria*, les fibres ligneuses, très grosses, ont leurs parois radiales couvertes de plusieurs rangs de ponctuations aréolées ; le bois primaire ou secondaire ne renferme pas de canaux sécréteurs ; le liber primaire a la structure ordinaire ; le liber secondaire est constitué par du parenchyme, des fibres, et des cellules grillagées mélangés ; les grillages ne se voient que dans le liber secondaire âgé, et à ce moment les cellules du parenchyme libérien se boursouflent, se déforment et compriment les autres éléments, les faisant même disparaître ; quelques-unes finissent par se sclérifier (1).

Le liber secondaire renferme un système de canaux sécréteurs.

Araucaria imbricata Pav.

(Pl. XVII, fig. 13-20.)

L'étude des plantules, dans cette espèce, était intéressante surtout à cause de la présence de plusieurs nervures aux cotylédons ; nous avons montré en effet que chez les Dicotylédones, l'influence du mode de nervation des cotylédons sur la structure de la racine principale était très importante (2).

Les graines d'*Araucaria imbricata* sont de la grosseur du doigt ; le tégument se prolonge à une de leurs extrémités en un bord écailleux qui se continue dans sa partie médiane par un petit mucron (fig. 13, Pl. XVII).

La radicule se développe à l'extrémité opposée sous la forme d'un cône ; bientôt, la graine se trouve soulevée par les cotylédons et au-dessous, l'axe se renfle sur une cer-

(1) Bertrand. Loc. cit. p. 117-118.

(2) P.-A. Dangeard. Recherches sur le mode d'union de la tige et de la racine chez les Dicotylédones, loc. cit.

taine longueur (fig. 13-15, Pl. XVII) ; ce renflement forme une sorte de bulbe sur les plantules qui ont développé leur tige et leurs premières feuilles (fig. 16, Pl. XVII) ; les particularités intéressantes que présente la germination des espèces dans ce genre ont été très bien indiquées par Heckel (1).

Les plantules ont deux cotylédons très larges, pourvus de plusieurs nervures parallèles ; il existe quelquefois trois cotylédons ; par exception, la graine renferme deux embryons (fig. 17, Pl. XVII).

Structure des cotylédons. — La section des cotylédons a la forme d'un demi-cercle ; le tissu fondamental est homogène ; l'exoderme n'est pas différencié d'une façon spéciale ; les stomates existent sur les faces interne et externe ; les faisceaux des nervures au nombre de sept dans la section que nous étudions sont d'inégale importance ; leur contour est arrondi et le bois est étalé sur la face interne ; la zone génératrice s'y développe, donnant surtout du liber secondaire ; la non-différenciation de l'endoderme ne permet pas de délimiter le péricycle. Dans chaque cotylédon, on trouve un cercle de canaux sécréteurs, au nombre de vingt à trente ; ils sont séparés de l'épiderme par un nombre variable de cellules, de deux à quatre environ ; en approchant de l'axe hypocotylé, ces canaux sécréteurs disparaissent à la face interne ; en même temps, les faisceaux cotylédonnaires se réunissent tangentiellement en un faisceau unique ; nous arrivons à l'axe hypocotylé.

Structure de l'axe hypocotylé. — Dans le cas de deux cotylédons, chaque large faisceau cotylédonnaire, provenant de la réunion tangentielle des faisceaux des nervures, se courbe en deux branches formant un V à pointe externe ;

(1) Edouard Heckel. La germination des graines d'*Araucaria Bidwilli* (Annales de la Faculté des sciences de Marseille, T. II, fasc. VI).

il se divise ainsi en deux faisceaux qui s'écartent et restent distincts ; plus bas, en se rapprochant, ils donnent insertion à un faisceau de racine (fig. 20, Pl. XVII) ; avec des plantules à trois cotylédons, la racine sera naturellement ternaire ; la section de l'axe hypocotylé aura dans le premier cas quatre faisceaux distincts groupés par deux; dans le second cas, elle en aura six, en trois groupes de deux.

Dans le renflement, chacun des faisceaux oriente son bois B radialement : le liber L reste extérieur à chaque lame ligneuse (fig. 19, Pl. XVII) ; la zone génératrice y fonctionne, produisant surtout du liber secondaire ; les canaux sécréteurs des cotylédons se continuent dans l'axe hypocotylé, à quelque distance de l'épiderme : leur nombre peut dépasser quatre-vingts; ils rappellent exactement ceux de certains *Pinus* ; moelle, péricycle et écorce sont très larges ; un second système de canaux sécréteurs existe dans le péricycle ; ils sont au nombre d'une vingtaine ; les uns sont directement opposés au liber primaire des faisceaux ; les autres occupent les larges intervalles qui les séparent (fig. 19, Pl. XVII).

En descendant vers la racine, au-dessous du renflement, on constate que la production des vaisseaux s'accuse en ordre centripète ; les deux lames ligneuses radiales, d'abord éloignées l'une de l'autre, se rapprochent au contact; il en est de même des faisceaux libériens, ce qui donne lieu à une racine binaire.

Structure de la racine. — La racine est en général binaire ; extérieurement, l'écorce comprend trois ou quatre assises de cellules plus petites cutinisées; viennent ensuite huit ou neuf assises de cellules plus grandes, polyédriques, puis l'endoderme plissé ; quelques-unes des assises les plus voisines ont des cadres d'épaississement sur les faces radiales des cellules ; dans le reste de l'écorce, les épais-

sissements lignifiés se retrouvent sur les parois tangentielles.

Le cylindre central comprend deux faisceaux ligneux et deux faisceaux libériens ; les faisceaux ligneux, formés d'une ou deux files de vaisseaux et par conséquent très étroits, débutent à une assez grande distance de l'endoderme ; ils ne se rejoignent pas tout d'abord au centre, ils sont séparés des faisceaux libériens par deux assises de cellules ; la zone génératrice s'établit dans l'assise externe ; les canaux sécréteurs se retrouvent dans le péricycle ; celui-ci a une épaisseur de trois ou quatre assises, en face des faisceaux ligneux ; son épaisseur est plus grande en face les faisceaux ligneux. Les canaux sécréteurs corticaux que nous avons rencontrés dans l'axe hypocotylé, manquent dans la racine où l'écorce primaire s'exfolie jusqu'à l'endoderme, comme chez les autres Conifères.

Non loin des *Araucaria* , on place les genres *Stachycarpus*, *Dammara*, *Podocarpus* ; il sera fort intéressant d'étudier la plantule dans ces divers genres ; nous prévoyons des résultats importants.

Van Tieghem, donnant l'anatomie des *Stachycarpus* montre les affinités de ce genre avec les *Araucaria* et les *Dammara* qui possèdent, eux aussi, des canaux sécréteurs dans le péricycle de la racine ; d'un autre côté, ces deux derniers genres par leur ovule unique et renversé se rapprochent des *Podocarpus* qui eux-mêmes, comme les *Stachycarpus*, possèdent des canaux sécréteurs dans le péricycle de la feuille.

Voici comment Van Tieghem s'exprime au sujet de ces genres ; on peut :

« Ou bien conserver les *Stachycarpus* dans les Taxinées, en les plaçant en tête de la série, avant les *Podocarpus*, tandis que les Abiétinées finiront tout près par les *Araucaria* et *Dammara*. Ou bien faire passer les *Stachycarpus* dans

les Abiétinées, à la suite des *Araucaria* et *Dammara* avec lesquels ils constitueront la sous-tribu des Araucariées, la série des Taxinées commençant tout près par les *Podocarpus*. Ou bien remonter en même temps les *Stachycarpus* et les *Podocarpus* dans les Abiétinées, à la suite des *Araucaria* et *Dammara*, en commençant la série des Taxinées par les *Dacrydium*. Ou bien enfin, ériger les quatre genres *Araucaria*, *Dammara*, *Stachycarpus* et *Podocarpus*, sous le nom d'Araucariées ou de Podocarpées, en une tribu distincte caractérisée par l'ovule unique et renversé, intermédiaire entre les Abiétinées et les Taxinées.

De ces quatre solutions, la seconde est la plus conforme à la structure, celle qui satisfait le mieux l'anatomie ; elle a l'inconvénient de séparer peut-être un peu trop les *Stachycarpus* des *Podocarpus*. La troisième pourra paraître préférable en ce que, tout en n'écartant pas les *Stachycarpus* des *Podocarpus*, elle permet de définir les Abiétinées par l'ovule renversé et de limiter, par conséquent, ces deux tribus avec plus de simplicité et de précision qu'il n'a été fait jusqu'ici. La structure du pollen, qui est, comme on sait, muni d'ampoules latérales chez les *Stachycarpus* et les *Podocarpus*, tout aussi bien que chez les Abiétinées, plaide encore en sa faveur. La quatrième offre à peu près les mêmes avantages que la troisième. La première, qui est la plus conforme à la tradition généralement adoptée, est la moins bonne de toutes; elle ne satisfait, en effet, ni l'anatomie, puisqu'elle écarte les *Stachycarpus* des *Araucaria* et *Dammara*, ni la Morphologie externe, puisqu'elle laisse deux genres à ovule renversé et à pollen ampullifère dans une tribu dont les autres genres ont l'ovule dressé et le pollen normal (1). »

A la suite de ce lumineux exposé, je voudrais faire en-

(1) Van Tieghem. Affinités des *Stachycarpus* (Bullet. Société Botanique, n° 3, 1891).

trevoir tout le parti que l'on pourrait tirer en pareil cas de la considération des phytons ; faute d'avoir eu les plantules de ces genres à ma disposition, je serai forcé d'émettre quelques suppositions ; on verra si les études ultérieures les vérifieront.

Les *Stachycarpus* ont des canaux péricycliques à la racine ; ils en ont également dans leurs phytons foliaires ; *à priori*, je présume que ces mêmes canaux se retrouvent dans les phytons cotylédonnaires.

De ce genre se détachent les *Araucaria* qui ont également des canaux péricycliques à la racine ; mais dans le phyton cotylédonnaire, ils sont en voie de disparition ; dans l'*Araucaria imbricata*, par exemple, nous n'en trouvons guère que dans le rachis, et à la base du limbe ; des canaux corticaux y apparaissent en grand nombre ; dans les phytons foliaires, il n'y a plus que des canaux corticaux.

C'est à ce niveau que se détachent les Abiétinées, par exemple, avec le genre *Pinus*, où les phytons foliaires et les phytons cotylédonnaires n'ont plus que des canaux corticaux.

D'un autre côté, les *Podocarpus* s'éloignent des *Stachycarpus* ; la racine est dépourvue de canaux sécréteurs péricycliques ; il me paraît probable que la disparition de ces canaux sécréteurs doit débuter dans les phytons cotylédonnaires ; mais ils existent dans les phytons foliaires ; dans le *Podocarpus Thunbergii*, le phyton foliaire montre en plus deux canaux corticaux ; cette espèce établit probablement ainsi le passage aux *Ginkgo* et par là aux Taxinées.

CHAPITRE II.

CONIFÈRES RECTIOVULÉES.

Ce groupe se divise en deux tribus : Cupressées et Taxées, nous commencerons par le premier.

Dans les Cupressées, les feuilles sont en général petites, sessiles, triangulaires ; l'organisation phytonnaire se voit avec la plus grande netteté, grâce aux décurrences bien marquées des rachis qui constituent les axes ; ces axes ou rameaux sont fréquemment aplatis ; par exception (*Juniperus communis*, *Callitris Macleyana*, etc.), les feuilles sont allongées, en forme d'aiguilles ; ces feuilles sont le plus souvent verticillées par deux, plus rarement par trois ou quatre, quelquefois disposées en spirale. Il n'y a jamais qu'une seule nervure foliaire et, entre le faisceau de cette nervure et l'épiderme de la face externe du limbe, se trouve un canal sécréteur ; le tissu fondamental est peu différencié; la plupart des cellules exodermiques se transforment en fibres à paroi épaisse, et de chaque côté du faisceau est un tissu particulier dit *tissu de transfusion*, sur lequel nous donnerons plus loin quelques détails. La disposition des stomates est très variable : elle est différente d'une feuille à l'autre.

La structure du système libéro-ligneux se rapproche beaucoup de celle des *Taxus* ; les fibres ligneuses n'ont pas cependant ces épaississements spiralés qui ornent la paroi des trachéides chez les *Taxus* ; le liber secondaire se compose d'une succession de parenchyme libérien, cellu-

les grillagées, fibres libériennes, cellules grillagées ; dans beaucoup de Cupressées, des canaux sécréteurs se forment dans le liber secondaire (1).

D'après Bertrand, il n'y a pas lieu de rechercher les caractères que la structure anatomique des Cupressinées peut fournir pour différencier les genres et les espèces.

Nous allons maintenant étudier quelques plantules, appartenant à divers genres de Cupressées.

GENRE CUPRESSUS.

Les feuilles sont, en général, verticillées par deux ; on ne saurait choisir de meilleur type pour comprendre l'organisation phytonnaire d'une plante, les rachis restant presque indépendants dans l'axe, ce qui fait souvent dire que les feuilles sont appliquées sur les rameaux.

Les stomates se rencontrent sur la face externe des feuilles : il y a une tendance très prononcée sur toute cette face à la formation d'un parenchyme en palissade ; en effet, sous l'assise exodermique différenciée en fibres de sclérenchyme, une assise au moins de parenchyme allonge ses cellules perpendiculairement à la surface ; le reste du tissu fondamental est un parenchyme chlorophyllien accompagné de grandes cellules incolores ; au milieu de ce parenchyme, dans l'angle médian, se trouve un canal sécréteur à diamètre très grand ; nous avons quelquefois rencontré, par exception, deux canaux sécréteurs dans la même feuille, symétriquement placés à droite et à gauche (*Cupressus Lawsoniana*).

Le faisceau foliaire présente de chaque côté deux ailes vasculaires dont la nature va nous arrêter un instant.

Le faisceau foliaire des Conifères est fréquemment accompagné de chaque côté par un tissu aréolé ou réticulé

(1) Bertrand. Loc. cit., p. 134-138.

qui s'étend latéralement jusqu'à l'endoderme, et le dépasse parfois : ce tissu a été vu pour la première fois par *Thomas* dans les *Podocarpus macrophylla, chilina, chinensis* (1); un peu plus tard, H. de Mohl l'étudie dans les *Podocarpus neriifolia, macrophylla* (2); Bertrand distingue ce tissu en tissu réticulé s'étendant jusqu'à l'endoderme et tissu de transfusion (H. de Mohl) allant de l'endoderme plus ou moins profondément dans le tissu fondamental ; dans le cas particulier des Cupressées, il considère cette forme de tissu comme intermédiaire entre le *tissu réticulé* et le *tissu aréolé* (3) ; De Bary a figuré plusieurs caractères de ce tissu (4).

Récemment Zimmermann (5) et Scheit (6) se sont également occupés de ce sujet ; enfin Van Tieghem propose de conserver le nom de *tissu de transfusion* à la partie qui va du faisceau à l'endoderme, et d'appeler *tissu d'irrigation* l'aile vasculaire qui s'étend plus ou moins loin dans le parenchyme (7) ; ce savant pense que ces « deux tissus et l'endoderme qui les sépare servent à transmettre latéralement la sève ascendante depuis le bois du faisceau libéroligneux jusqu'au tissu palissadique du bord du limbe ».

Dans les Cupressées, l'endoderme étant mal différencié, la démarcation est impossible ; mais ce tissu y présente des caractères remarquables ; le *Cupressus Lawsoniana* fournit un bon type d'études.

Dans le faisceau foliaire, le bois est très réduit et de bonne heure, ses trachées et vaisseaux grêles sont hors de service ; il ne reste donc, pour établir la circulation de la

(1) Fr. Thomas. Loc. cit. p. 37.
(2) H. de Mohl. Ueber Morphologie der Blattern *Sciadopitys verticillata* (Bot. Zeitung, 1871).
(3) Bertrand. Loc. cit. p. 62 et p. 136.
(4) A. de Bary. Vergleichende Anatomie, fig. 183, 184.
(5) Zimmermann. Flora 1880.
(6) Scheit. Jenaische Zeitschrift, XVI, 1883.
(7) Van Tieghem. Structure et affinités des *Stachycarpus* (Bulletin Société Botanique de France, 1891, n° 3, p. 170).

sève ascendante, que quelques trachéides peu nombreux ; c'est sans aucun doute à cette insuffisance prématurée du faisceau ligneux qu'est dû le grand développement de ce tissu ; examinons d'abord sa structure et sa disposition, nous essaierons ensuite d'établir son rôle.

Structure du tissu de transfusion et du tissu d'irrigation. — Lorsque le faisceau foliaire quitte le cylindre central, les deux ailes vasculaires sont très développées ; les cellules qui les composent, sont polyédriques à parois lignifiées couvertes d'aréoles ; ces ailes suivent à quelque distance le bord interne de chaque phyton ; mais, avant d'accompagner le faisceau dans le limbe, elles se recourbent sous le sillon qui les sépare pour s'unir avec l'aile correspondante de la feuille opposée. Nous devons donc remarquer déjà que les *deux feuilles opposées avant de se séparer sont en communication directe par ce pont vasculaire qui s'établit sous le sillon* ; d'autres communications s'établissent avec les feuilles supérieures ; voici comment :

Le pont vasculaire situé sous le sillon est à un niveau donné complètement séparé par du parenchyme chlorophyllien, du tissu vasculaire analogue voisin du cylindre central ; chacune de ces moitiés s'écartant beaucoup se mettra en relation avec le tissu de transfusion de chaque faisceau foliaire des deux feuilles du verticille supérieur ; ainsi donc le *tissu de transfusion établit aussi une communication directe d'un verticille à l'autre, sans l'intermédiaire du cylindre central* ; *la communication se fait de même entre une branche et son rameau* ; nous pouvons maintenant essayer de comprendre le rôle de ce tissu.

Rôle du tissu de transfusion. — On sait que, chez les animaux, si l'on vient à ligaturer un des vaisseaux, la circulation se fait quand même ; d'autres vaisseaux prennent plus d'importance : il s'établit une compensation. Le tissu de transfusion représente, il me semble, quelque chose

d'analogue ; le faisceau ligneux, incapable de remplir son rôle, est suppléé par le tissu de transfusion qui établit dans les rameaux supérieurs de la plante une circulation de la sève ascendante presque indépendante et en tout cas fort remarquable. Et, pour généraliser, il serait sans doute possible de montrer que, dans les divers genres, le plus ou moins grand développement de ce tissu est en relation avec la nature du faisceau ligneux ; si le faisceau foliaire a des trachéides nombreux, le besoin du tissu de transfusion se fera moins sentir et la communication indépendante d'un phyton à l'autre ne sera nullement nécessaire ; si, au contraire, le nombre des éléments ligneux est faible, si leur cavité se trouve obstruée de bonne heure, le tissu de transfusion deviendra nécessaire avec circulation indépendante, comme chez les *Cupressus*.

1° **Cupressus funebris** Endl.

(Pl. XVI, fig. 1-4'.)

Nous n'avons eu à notre disposition que de très jeunes plantules (fig. 1, Pl. XVI) ; aussi, nous nous bornerons à constater le mode d'insertion des faisceaux de la racine. Les deux faisceaux cotylédonnaires ligneux descendent verticalement et, sans se diviser, donnent insertion chacun à un faisceau ligneux de racine ; les faisceaux libériens cotylédonnaires se divisent en deux et chaque moitié se réunissant à celle du côté opposé, forme un faisceau libérien unique qui se continue par celui de la racine (fig. 2-4') ; dans chaque massif ligneux (fig. 4), le développement des vaisseaux ne devient nettement centripète qu'à partir du collet.

2° Cupressus Corneyana Hort.

(Pl. XVI, fig. 5-9.)

Les plantules de cette espèce ont été étudiées à l'état représenté fig. 5, Pl. XVI ; un certain nombre de feuilles primordiales étaient développées, ces feuilles présentent dans leur disposition sur la tige des caractères particuliers; ainsi au-dessus de deux cotylédons allongés, se trouvent insérées les deux premières feuilles ; mais elles sont si rapprochées des deux cotylédons qu'elles paraissent former avec ces derniers un verticille de quatre feuilles ; vient ensuite un entre-nœud, surmonté par un verticille de quatre feuilles ; elles sont opposées en croix avec les deux cotylédons et les deux premières feuilles ; un peu plus haut, un second verticille de quatre feuilles alterne avec le précédent (fig. 5-6, Pl. XVI) ; ces feuilles sont aciculaires, aplaties, les quatre rachis phytonnaires s'accusent à la surface de la tige par des décurrences, ce qui rend la section de l'axe quadrangulaire.

Structure des cotylédons. — Les cotylédons sont dépourvus de canaux sécréteurs ; les stomates se trouvent sur la face interne ; sous l'épiderme, il y a quelques rares fibres exodermiques ; le faisceau médian n'est pas entouré d'un endoderme caractérisé ; son bois et son liber secondaires sont bien développés ; le tissu fondamental est homogène.

La racine est binaire et le mode d'union de la tige et de la racine se fait comme dans l'espèce précédente.

Dans l'axe hypocotylé, au stade considéré, il existe quelques fibres exodermiques sous l'épiderme ; l'écorce est réduite à quatre ou cinq assises de larges cellules : l'endoderme s'est cloisonné un certain nombre de fois ; le péricycle est peu épais ; le liber secondaire, large, régulier, présente seulement dans sa partie externe des fibres libé-

riennes ; tout le reste du cylindre central est lignifié jusqu'au centre.

Il nous reste à étudier le développement de l'axe épicotylé et de ses premières feuilles.

Structure de l'axe. — La section de l'axe intéresse quatre rachis phytonnaires, nettement délimités extérieurement par quatre sillons (fig. 7, Pl. XVI) ; leur partie médiane proémine en formant un angle à l'intérieur duquel se trouve logé un canal sécréteur séparé de l'épiderme par une gaine de cellules : l'exoderme est différencié en fibres ; un groupe de ces fibres se trouve de chaque côté du canal, un autre au voisinage des sillons. Le cylindre central comprend quatre faisceaux foliaires F et quatre faisceaux anastomotiques A (fig. 7, Pl. XVI) ; il n'y a pas d'endoderme ; la moelle est étroite, à cellules petites ; l'écorce a une partie médiane comprenant de grandes cellules ; elle se continue par des cellules plus petites du côté de l'écorce et du côté de la moelle.

Immédiatement au-dessus des cotylédons, l'axe, ne comprenant que deux phytons, ne possède que deux canaux sécréteurs, deux foliaires et deux anastomotiques.

En avançant vers la partie supérieure d'un entre-nœud, on voit le sillon se bifurquer ; l'angle de bifurcation correspond à l'angle médian des phytons du verticille supérieur ; aussi voit-on apparaître à ces angles un canal sécréteur ; on est arrivé au point de séparation des feuilles.

Les relations des faisceaux foliaires et anastomotiques dans la plantule sont indiquées en course longitudinale (fig. 8, Pl. XVI).

Structure des feuilles. — Les quatre feuilles, près du point d'insertion, ont la forme indiquée fig. 9 ; plus loin, la section s'élargit un peu. Les stomates, d'abord localisés sur la face interne, se montrent plus loin également sur

la face inférieure ou externe ; le faisceau a un endoderme complet ; une ou deux cellules endodermiques aréolées représentent seules ici le tissu de transfusion. Le mésophylle, vers les parties moyennes et supérieures, est palissadique sur sa face interne ; il est rameux sur l'autre face ; en approchant de l'axe, le parenchyne rameux se trouve remplacé par des cellules chlorophylliennes mélangées à de grandes cellules incolores ; en général, de chaque côté du canal sécréteur, se trouve un groupe de fibres exodermiques ; deux occupent les ailes, et sur l'autre face, il en existe encore deux autres opposés aux premiers.

3° **Cupressus Lindleyi** Klotsch.

(Pl. XVI, fig. 11-16.)

Le phyton, dans cette espèce, est à peu près identique à celui de l'espèce précédente, mais leurs rapports différents de position entraînent des modifications de structure dans l'axe et dans la racine ; le point de départ de ces modifications est le nombre trois des cotylédons.

La plantule possède trois cotylédons (fig. 11, Pl. XVI) ; un peu plus tard, les trois premières feuilles étant situées presque au même niveau, il semble qu'il y ait six cotylédons (fig. 12, Pl. XVI) ; on distinguera toujours les cotylédons à leurs dimensions plus grandes ; le second verticille de feuilles est superposé aux cotylédons, mais l'entre-nœud, ainsi que ceux qui suivent, est assez allongé.

La présence de trois cotylédons détermine trois faisceaux à la racine, chacun des faisceaux se comportant comme chez les précédentes espèces ; dans une partie de l'axe hypocotylé, l'endoderme n'est pas muni de plissements, l'écorce est épaisse de sept ou huit assises de cellules; plus bas, en arrivant à la racine, l'endoderme est bien diffé-

rencié (fig. 14, Pl. XVI), et les assises corticales voisines de l'endoderme ont des cadres d'épaississement.

Immédiatement au-dessus des cotylédons, la tige montre trois canaux sécréteurs qui passent dans le premier verticille ; la section d'un entre-nœud est triangulaire (fig. 15, Pl. XVI) et on y trouve trois foliaires et trois anastomotiques ; les relations de ces faisceaux sont établies pour la plantule tout entière (fig. 17, Pl. XVI) ; comme chaque anastomotique peut être divisé en deux, il en résulte que la section peut offrir trois foliaires et six anastomotiques.

La structure des feuilles rappelant étroitement celle du *Cupressus Corneyana*, il est inutile de s'y arrêter (fig. 16, Pl. XVI) ; nous dirons seulement que nous y avons trouvé un plus grand développement du tissu de transfusion qui se met nettement en rapport direct avec le bois du faisceau.

GENRE ACTINOSTROBUS

Dans ce genre, les phytons foliaires sont disposés par verticilles de trois ; aussi, on aurait pu croire que les plantules possédaient trois cotylédons normalement ; cependant, dans nos semis, nous avons rencontré des plantules ayant soit deux, soit trois cotylédons.

Actinostrobus pyramidalis Miq.

(Pl. XVI, fig. 18-19.)

Le plus grand nombre des plantules possédait deux cotylédons (fig. 18, Pl. XVI) ; ils ont un faisceau très large qui n'est accompagné que d'une ou deux cellules aréolées, et encore ces dernières manquent-elles fréquemment ; l'endoderme n'est pas différencié ; on peut cependant attribuer ces cellules aréolées au tissu de transfusion ; il existe des stomates sur les deux faces ; ils sont plus nombreux à la face interne.

Dans l'axe hypocotylé, les deux cordons ligneux descendent directement, éloignés l'un de l'autre par un large intervalle (fig. 19, Pl. XVI); ils se continuent directement par les faisceaux de la racine ; à la face interne des deux faisceaux libériens, se trouvent de petites cellules hexagonales dans lesquelles s'établira la zone génératrice ; le péricycle est double en général ; l'endoderme n'offre des plissements qu'à partir du voisinage du collet ; l'écorce a une épaisseur de huit ou neuf assises de cellules.

Si la plantule possède trois cotylédons, la racine est ternaire, chacun des faisceaux ligneux cotylédonnaires se continuant directement par un faisceau ligneux de racine, alors que les faisceaux libériens se divisent en deux moitiés qui s'unissent deux par deux dans l'intervalle.

GENRE THUIA

Ce genre comprend les *Thuia* proprement dits et les *Biota*; un grand nombre de variétés du *Biota orientalis* sont cultivées en Europe. Eichler place à côté des *Thuia*, les *Thuiopsis* et les *Libocedrus* (1) ; dans le *Libocedrus chilensis End.* il n'y a guère, de chaque côté du faisceau foliaire, que du tissu de transfusion ; dans le *Thuiopsis dolabrata*, il en est autrement : au tissu précédent, s'ajoute une bande de tissu d'irrigation qui atteint presque, au niveau de l'insertion du limbe, les deux bords de la feuille ; il est formé de tissu aréolé ; enfin, dans le *Biota orientalis*, ce tissu prend encore un plus grand développement ; il rappelle par sa disposition et sa structure celui des *Cupressus*, avec circulation indépendante.

Nous devons remarquer que le phyton chez le *Thuiopsis dolabrata* nous a présenté une particularité qui semble avoir passé jusqu'ici inaperçue ; à la partie supérieure des

(1) Eichler. Loc. cit., p. 95.

branches, les rameaux sont très aplatis et les phytons n'y présentent, comme chez les autres Cupressées, qu'un canal sécréteur cortical opposé au faisceau foliaire; plus bas, les rameaux sont presque arrondis ; à ce niveau, les phytons possèdent trois ou cinq canaux sécréteurs ; dans le premier cas, le canal sécréteur médian est accompagné de deux canaux sécréteurs, situés à quelque distance ; dans le second cas, il existe en outre un canal sécréteur situé plus ou moins loin du bord du limbe ; faut-il voir dans ce caractère une affinité plus ou moins proche des *Thuiopsis* avec les Araucariées ? Je me borne à signaler le fait intéressant en lui-même, puisqu'il semble unique jusqu'ici, sans en tirer aucune conséquence ; ces canaux sécréteurs appartiennent à l'ensemble du phyton ; autrement dit, ils se continuent du limbe dans l'écorce.

Thuia orientalis L.

(Pl. XVII, fig. 1-4.)

Dans la plantule, nous avons étudié les stades représentés fig. 1, 2, Pl. XVII. Les cotylédons sont bien développés ; leur section est large (fig. 3, Pl. XVII) ; le mésophylle est homogène ; le faisceau foliaire est très aplati ; de chaque côté du bois, on trouve une aile vasculaire à cellules aréolées-réticulées qui ne représente guère que le tissu de transfusion ; l'endoderme n'est pas délimité ; il existe de nombreux stomates à la face interne.

L'écorce de l'axe hypocotylé est épaisse d'une dizaine d'assises de cellules ; l'endoderme à la partie supérieure y est mal délimité ; on peut dire cependant que le péricycle n'est formé que de deux ou trois assises ; en passant dans l'axe hypocotylé, le faisceau cotylédonnaire se courbe en forme de V à pointe externe, de telle sorte que les deux moitiés libériennes sont isolées de très bonne heure, alors que les deux moitiés ligneuses restent réunies ; les deux

moitiés libériennes se portant vers l'intérieur de la tige se réunissent à celles du côté opposé, pour se continuer directement ensuite par le faisceau libérien de la racine ; pendant ce temps, les deux branches ligneuses du V se rapprochent suivant le diamètre ; c'est à ce moment que s'insère le faisceau ligneux de la racine qui ne présente rien de particulier.

Dans l'axe épicotylé, les deux premières feuilles sont opposées aux cotylédons ; le faisceau foliaire, même sur les très jeunes feuilles que nous avons étudiées, présente du tissu de transfusion ; les quatre feuilles qui suivent s'insèrent entre les cotylédons et les deux premières feuilles, comme s'il s'agissait simplement de feuilles verticillées par quatre ; cette disposition est indiquée (fig. 4, 5, Pl. XVII).

Les Taxées comprennent, d'après Eichler (1), les genres *Phyllocladus*, *Ginkgo*, *Cephalotaxus*, *Torreya*, *Taxus* ; ces trois genres sont caractérisés par Bertrand de la manière suivante (2).

Taxus. — Pas de glande résinifère dans le parenchyme herbacé, cellules de l'épiderme de la tige à parois minces ; pas d'hypoderme, ni de sclérite ; fibres libériennes très lentes à s'épaissir ; le liège primaire apparaît dans le parenchyme herbacé. — Feuilles sans glande résinifère ; cellules de l'épiderme à parois minces, mamelonnées dans les bandelettes, pas d'hypoderme ; les bords de la feuille portent de très petites saillies.

Torreya. — Des glandes résinifères dans le parenchyme herbacé ; cellules de l'épiderme de la tige à parois épaisses,

(1) Eichler. Loc. cit.
(2) Bertrand Loc. cit., p. 56-57.

pas d'hypoderme, des sclérites ; fibres libériennes s'épaississant rapidement ; le liège primaire apparaît entre l'épiderme et le parenchyme herbacé. — Feuilles avec une grosse glande médiane sous la nervure ; cellules de l'épiderme à parois épaisses ; celles des bandelettes ont leurs parois minces et sont mamelonnées ; pas d'hypoderme ; les bords de la feuille sont lisses.

Cephalotaxus. — Des glandes résinifères dans le parenchyme herbacé ; cellules de l'épiderme de la tige à parois minces ; de l'hypoderme, des sclérites ; fibres libériennes s'épaississant très rapidement ; le liège primaire apparaît dans le parenchyme herbacé. Feuilles munies d'une petite glande médiane sous la nervure ; cellules de l'épiderme à parois minces, lisses ; de l'hypoderme ou des fibres pseudolibériennes ; les bords de la feuille sont lisses.

Van Tieghem, qui vient de signaler un canal sécréteur médullaire axile dans les *Cephalotaxus*, établit la parenté étroite de ce genre avec les *Ginkgo* : « en effet, dit-il, le *Ginkgo* a, dans l'écorce de sa tige et de sa feuille, des poches sécrétrices ovales ou fusiformes, représentant les canaux corticaux des *Cephalotaxus*, et surtout il possède, dans la moelle de sa tige, deux canaux sécréteurs, par où il se distingue de toutes les autres Conifères, mais en même temps se rapproche singulièrement des *Cephalotaxus* (1) ».

Nous avons cherché à nous faire une opinion personnelle au sujet des divergences d'opinion qui se sont manifestées relativement à la nature des canaux sécréteurs ou poches sécrétrices des *Ginkgo*.

« M. Van Tieghem a décrit les glandes résinifères du *Salisburia* comme formant un double système de canaux, les uns corticaux, les autres médullaires ; ces glandes sont de courtes lacunes closes de tout côté et qui ne sortent

(1) Van Tieghem. Affinités des *Cephalotaxus*. Loc. cit., p. 189.

pas de la tige ; elles sont en outre absolument indépendantes les unes des autres et n'ont rien de commun avec les réservoirs glanduleux que nous allons voir dans les feuilles (1). »

La réponse est toute récente : « Contrairement à la description que j'en ai donnée le premier, M. Bertrand a affirmé plus tard que ce sont, non des canaux continus, mais « des glandes résinifères closes très courtes ». L'examen de nouvelles coupes longitudinales, où les canaux s'étendent sans discontinuité dans toute la longueur des entre-nœuds dans les rameaux longs, m'oblige à maintenir mon ancienne manière de voir (2) ».

Voici ce que nous avons observé sur des échantillons pris au Jardin botanique de Poitiers : Les poches sécrétrices qui se trouvent dans l'écorce de la tige et dans la feuille appartiennent à un même système d'éléments sécréteurs ; dans la moelle, ce sont également des *poches sécrétrices* et nous n'y avons pas trouvé la disposition régulière indiquée par Van Tieghem, *deux canaux situés de part et d'autre de l'axe* ; selon les niveaux, il y avait absence complète d'éléments sécréteurs, une seule poche sécrétrice ou bien deux ; en approchant du point végétatif d'un rameau court, nous avons même trouvé au même niveau cinq poches sécrétrices ; par contre, chez les *Cephalotaxus*, il y a bien un canal sécréteur médullaire, axile, unique, comme l'a établi Van Tieghem.

Nous n'avons eu à notre disposition, dans ce groupe, que les plantules du *Taxus baccata*.

GENRE TAXUS

Ce genre est caractérisé, on le sait, par l'absence complète de canaux sécréteurs ou poches sécrétrices dans

(1) Bertrand. Loc. cit., p. 32.
(2) Van Tieghem. Affinités des *Cephalotaxus*. Loc. cit., p. 189.

toutes les parties de l'individu ; de plus, les trachéides ont, sur leur paroi, des épaississements spiralés très marqués. Le liber secondaire est constitué par une succession de parenchyme libérien, de cellules grillagées et de fibres libériennes, analogue à celle des Cupressées.

Le mésophylle de la feuille comprend du parenchyme rameux et du parenchyme en palissade ; le faisceau de la feuille est accompagné d'une aile vasculaire réticulée qui représente le tissu de transfusion.

Taxus baccata Tourn.

(Pl. XVII, fig. 6-12.)

Il est facile de se procurer de jeunes germinations de cette espèce, qui a été étudiée un grand nombre de fois ; le parcours des faisceaux primaires a été indiqué d'abord par Frank, puis par Geyler, enfin par Strasburger (1).

Structure des cotylédons. — Les deux cotylédons sont foliacés, bien développés (fig. 6, Pl. XVII), avec une seule nervure médiane (fig. 11, Pl. XVII) ; le faisceau qui la constitue, est très aplati et possède la structure ordinaire. On doit remarquer toutefois la présence de vaisseaux réticulés qui forment bordure dans le péricycle interne à l'assise de parenchyme représentant sans doute l'endoderme : ces vaisseaux ne forment pas une assise continue ; ils peuvent être séparés les uns des autres par des cellules ordinaires ; l'ensemble se met en relation de chaque côté avec le bois du faisceau : c'est la première fois que nous trouvons ainsi disposé du tissu de transfusion dans les cotylédons, et comme l'observation n'est pas générale, nous avons dû nous demander si ce n'était point là une particularité de l'endoderme interne. Le mésophylle est homogène ; mais l'épiderme est mamelonné.

(1) Strasburger. Das Botanische Practicum. 2e édit., p. 276.

Structure de l'axe hypocotylé. — Au moment où les cotylédons deviennent concrescents pour former l'axe hypocotylé, le faisceau cotylédonnaire se courbe en forme de V à pointe tournée vers l'extérieur ; les deux faisceaux ainsi formés restent plus ou moins séparés ; entre eux, on voit quelques trachées qui représentent, en approchant de la racine, l'amorce du faisceau ligneux de la racine; près des cotylédons, les cotylédonnaires sont séparés de la masse anastomotique qui, au-dessus fournira les foliaires (fig 10, A, Pl. XVII) ; plus bas, ils se réunissent à cette masse libéro-ligneuse qui devient le bois secondaire de la racine (fig. 9, Pl. XVII). Dans l'axe hypocotylé, l'épiderme est mamelonné ; l'écorce a une épaisseur de sept ou huit cellules ; l'endoderme est mal différencié ; mais on reconnaît cependant le péricycle à la présence de tubes à paroi cutinisée, larges ; on retrouve les mêmes éléments sous l'épiderme ; ils appartiennent à la catégorie des tubes que nous désignons sous le nom de tubes sécréteurs et qui doivent leur origine à de simples méats intercellulaires. La moelle disparaît par rapprochement des deux lames libéro-ligneuses, formées de traces cotylédonnaires et de traces foliaires.

L'insertion de la racine s'annonce par la présence de l'assise pilifère, par la différenciation de l'endoderme et des assises corticales internes, par le remplacement des traces ligneuses cotylédonnaires et foliaires qui font place à la bande ligneuse diamétrale des deux faisceaux de la racine.

Structure de la racine. — La section de la racine comprend une écorce limitée intérieurement par un endoderme à plissements ordinaires ; l'assise contiguë a des bandes d'épaississement ; le péricycle possède trois ou quatre épaisseurs de cellules ; il contient des tubes sécréteurs ; les deux faisceaux ligneux se rejoignent au centre ; les

deux faisceaux libériens sont larges et ils se continuent avec les faisceaux cotylédonnaires à la manière ordinaire.

Structure de l'axe épicotylé. — Au moment où les cotylédons se détachent de l'axe hypocotylé, la moelle s'est élargie et les deux anastomotiques se sont divisés en trois ; chaque médian se rend dans une des deux premières feuilles qui font croix avec les cotylédons ; les quatre feuilles suivantes se placent deux par deux, comme l'indique le diagramme représenté fig. 7, Pl. XVII ; au-dessus des deux premières feuilles, on trouve quatre faisceaux anastomotiques ; à droite et à gauche, un des faisceaux anastomotiques semble se diviser ; l'une des moitiés est un faisceau foliaire (fig. 11', Pl. XVII). Strasburger a donné un excellent schéma de la course des faisceaux primaires dans la jeune plantule et dans les branches de *Taxus baccata* (1).

(1) Strasburger, Loc. cit., p. 276-277.

CHAPITRE III

Les résultats de cette étude comprennent des faits d'intérêt particulier et des faits d'un intérêt plus général; parmi les premiers, nous citerons ceux qui ont rapport à l'appareil sécréteur, au tissu de transfusion et au tissu d'irrigation, à la structure des cotylédons, à la nature des aiguilles, etc. ; parmi les seconds, il faut placer le mode d'union de la tige et de la racine dans la plantule, la signification du nombre des cotylédons, la notion du phyton chez les Gymnospermes.

Appareil sécréteur. — A. Le résultat le plus important obtenu dans l'étude de l'appareil sécréteur est la détermination de la nature des canaux sécréteurs des *Pinus* et la découverte des règles qui président à leur distribution dans l'écorce de la tige. Van Tieghem admettait que les canaux qui se trouvent en dehors de la couronne libéro-ligneuse sont péricycliques, et que d'autres canaux apparaissent dans l'écorce et passent dans le limbe de la feuille ; on aurait eu ainsi dans la plante une disposition fort compliquée des éléments sécréteurs.

Guidé par nos idées sur la constitution phytonnaire d'une plante, nous avons pu établir qu'il y a continuité entre les canaux sécréteurs de la feuille et ceux qui, dans l'écorce de la tige, sont en dehors de la couronne libéro-ligneuse ; chaque faisceau d'une feuille pénètre dans la tige accompagné de ses deux canaux sécréteurs (fig 3, Pl. XIV); le faisceau foliaire prend sa place dans la couronne libéro-ligneuse, alors que les canaux sécréteurs se rangent en

cercle dans l'écorce ; théoriquement, il devrait y avoir deux fois plus de canaux sécréteurs que de rachis phytonnaires à un niveau quelconque ; cette disposition normale se rencontre immédiatement au-dessus des cotylédons et avec quatre phytons on a huit canaux sécréteurs (*Pinus Laricio*, fig. 11, Pl. XV) ; plus haut, il se fait des réductions ; elles tiennent à deux causes : 1° si un canal sécréteur se trouve dans le plan vertical d'un canal appartenant à une feuille supérieure, il se continue avec lui (*Pinus pinea*, fig. 3, Pl. XIV) ; le fait devient encore plus remarquable, si l'on a des phytons disposés par verticilles de quatre, comme dans la jeune plantule de *Pinus Laricio* ; le canal sécréteur qui occupe le bord droit d'une feuille dans le verticille supérieur, se trouve superposé au canal sécréteur qui occupe le bord gauche de la feuille du verticille immédiatement inférieur : et il se continue directement avec lui ; la même chose se produit pour le second qui se continue avec celui du bord droit ; il n'y a donc que huit canaux sécréteurs corticaux au lieu de seize (fig. 12-14, Pl. XV). Le nombre des canaux sécréteurs peut encore être réduit si les canaux voisins des phytons d'un même verticille se rapprochent et s'unissent en un seul (*Picea alba*, fig. 11, Pl. XVI). En résumé, les canaux sécréteurs de la tige sont corticaux comme ceux des cotylédons et leur distribution est en rapport avec la structure phytonnaire de l'axe.

En ce qui concerne les canaux sécréteurs qui se trouvent dans la racine, je ne puis plus être aussi affirmatif. Van Tieghem les a d'abord considérés comme ligneux ; maintenant il admet qu'ils sont péricycliques ; j'ai démontré qu'ils ne se continuaient pas avec les canaux sécréteurs corticaux de la tige, mais pour le reste, je ne puis émettre qu'une simple hypothèse ; je serais porté à considérer les canaux sécréteurs opposés aux faisceaux ligneux de la racine comme appartenant au système de canaux ligneux du bois de la tige et de la racine ; on le rencontre dans

les mêmes genres (*Pinus*, *Larix*, *Pseudotsuga*, *Picea*).

Il y aurait ainsi, chez ces Abiétinées deux systèmes de canaux sécréteurs : un système cortical et un système ligneux.

B. La feuille des Cupressées possède, on le sait, un canal sécréteur cortical situé entre le faisceau foliaire et l'épiderme externe ; il appartient d'ailleurs au phyton tout entier, car on le trouve dans la tige vers la naissance même du rachis ; par exception, nous avons rencontré deux canaux sécréteurs dans la feuille du *Cupressus Lawsoniana* ; mais dans le *Thuiopsis dolabrata*, l'appareil sécréteur se complique.

Les phytons foliaires des rameaux supérieurs très aplatis ont la structure normale ; mais, dans les rameaux plus inférieurs où l'axe est arrondi, la feuille possède soit trois, soit cinq canaux sécréteurs qui se continuent dans l'écorce de la tige.

C. Nous devons mentionner également nos observations sur les *Ginkgo*. Van Tieghem admet qu'il y a dans ce genre deux canaux sécréteurs médullaires situés de part et d'autre de l'axe, alors que les éléments sécréteurs de l'écorce et des feuilles sont des poches sécrétrices. Selon Bertrand, tous les éléments sécréteurs sont des poches sécrétrices ; mais en même temps il avance que ceux de la feuille et de l'écorce n'appartiennent pas au même système ; suivant nos observations, les éléments sécréteurs médullaires ne sont pas des canaux, mais bien des poches sécrétrices ; de plus, leur nombre n'est pas fixe : selon les niveaux, on trouve une ou deux de ces poches, beaucoup plus rarement quatre ou cinq, ou enfin absence complète ; d'un autre côté, on ne saurait, je pense, refuser de faire rentrer dans le même système les poches sécrétrices de la feuille et celles de l'écorce.

D. Il y aurait lieu de faire une étude spéciale des éléments que nous avons distingués sous le nom de tubes

sécréteurs ; ce sont des méats intercellulaires dont l'existence est très répandue et qui se trouvent ordinairement localisés sous l'épiderme, dans le péricycle et dans la moelle des plantules.

Tissu de transfusion et tissu d'irrigation. — Le faisceau foliaire, chez les Conifères, est accompagné fréquemment sur ses côtés d'une aile vasculaire plus ou moins développée ; suivant les données de Van Tieghem, je désigne le tissu qui la compose sous le nom de tissu de transfusion dans les limites du péricycle et de tissu de transfusion au delà dans le mésophylle.

Il atteint chez les Cupressées son maximum de développement ; ainsi, nous avons pu établir l'existence, dans les *Cupressus* et les *Biota*, d'une véritable circulation indépendante s'effectuant par le moyen de ce tissu ; les deux ailes vasculaires qui accompagnent le faisceau, s'étendent beaucoup latéralement, se portant vers le sillon qui sépare les deux phytons ; à un certain moment, elles se rejoignent sous le sillon, établissant ainsi une communication entre les deux feuilles du même verticille ; un peu plus haut, à la place du sillon, les rachis des deux feuilles supérieures s'élargissent de plus en plus ; sur leurs côtés, on trouve une masse vasculaire qui communique vers le bas avec l'aile vasculaire de la feuille inférieure et se met vers le haut en relation avec une des ailes de la feuille supérieure ; il s'établit donc une première communication entre les deux feuilles du même verticille et une seconde entre les feuilles des verticilles successifs.

Dans les *Cupressus* et les *Biota*, les cellules de ce tissu sont aréolées ; le contour de l'aréole est épais et proémine beaucoup à la surface de la paroi, comme la margelle d'un puits ; sa disposition est à peu près identique dans le *Thuiopsis dolabrata* ; il est beaucoup plus réduit dans le *Libocedrus* .

Il est à remarquer que, dans tous ces genres, ce tissu se réduit au tissu de transfusion dans les cotylédons et les premières feuilles ; quelquefois même, il est difficile d'en trouver des traces.

On doit observer que la même réduction se rencontre chez les Abiétinées dans les plantules, ainsi qu'il résulte des observations de Daguillon et des nôtres ; dans ce groupe, le tissu de transfusion, considéré à tort par Daguillon comme sclérenchyme péryciclique, ne forme pas une aile vasculaire ; il est représenté par des cellules aréolées disséminées dans le péricycle, et formant fréquemment un pont sous-libérien, ainsi que Van Tieghem l'a montré pour les *Abies*.

En résumé, ce qui nous paraît le plus intéressant, c'est la découverte d'une circulation indépendante, s'effectuant au moyen de ce tissu dans certaines Cupressées, où le faisceau foliaire semble devenir de très bonne heure inutilisable pour le transport de la sève venant des racines ; lorsque le rameau grossit, ce tissu ne peut suivre l'accroissement : il formait au début une sorte de demi-circonférence dans chaque décurrence foliaire ; plus tard, il se fragmente en îlots vasculaires, séparés par du parenchyme, et si l'on n'était prévenu, on pourrait facilement rattacher cette formation au cylindre central.

Structure des cotylédons. — Dans les cotylédons, le parenchyme fondamental est homogène : l'exoderme ne s'y transforme pas ordinairement en sclérenchyme et les stomates en général disposés sur la face interne existent quelquefois sur les deux faces ; le tissu de transfusion y est nul ou peu abondant.

Nature des aiguilles. — En étudiant les rameaux courts du *Pinus Laricio*, nous avons vu que ces rameaux ne sont pas terminés par les aiguilles comme on le dit généralement ; on y trouve au sommet des feuilles rudimentaires par avor-

tement ; nous avons cru pouvoir établir les conséquences suivantes :

1° Les rameaux courts sont des rameaux dans lesquels les phytons de la base ont avorté dans leur partie foliaire; il en résulte des faisceaux foliaires très petits.

2° A cet avortement, on peut opposer un développement plus considérable des deux phytons supérieurs ; il en résulte une importance très grande des faisceaux anastomotiques du rameau qui ne sont autre chose que la trace des foliaires des aiguilles.

3° Une caractérisation trop rapide des tissus des aiguilles est probablement la cause qui a empêché les phytons supérieurs à ces aiguilles de prendre part à la constitution du rameau.

4° Les aiguilles des *Pinus* sont des feuilles tout comme les écailles ; seul le développement des parties diffère (1).

Les résultats d'ordre plus général sont, avons-nous dit, le mode d'union de la tige et de la racine dans la plantule, la signification du nombre des cotylédons, la notion du phyton chez les Gymnospermes.

Mode d'union de la tige et de la racine dans la plantule. — Ce mode d'union se trouve fixé actuellement par nos recherches et pour les Dicotylédones et pour les Gymnospermes; pour ce dernier groupe, de nombreuses figures permettent l'intelligence du texte ; selon nous, on doit s'attacher à faire bien saisir les relations de ces premiers organes de la plantule à tous ceux qui désirent faire de l'anatomie végétale, les anciennes données sur ce sujet montrent trop leur vétusté pour ne pas être condamnées à disparaître bientôt.

Cotylédons des Gymnospermes. — On s'est préoccupé depuis longtemps de savoir quelle est la signification du

(1) Pour plus de détails, voir plus haut, p. 154-156.

nombre plus ou moins élevé des cotylédons chez les Gymnospermes, alors que ce nombre est si constant chez es Dicotylédones et les Monocotylédones ; la question est loin d'être facile ; nous examinerons deux hypothèses, en indiquant celle qui nous paraît devoir être acceptée. L'augmentation du nombre des cotylédons peut provenir, soit de l'intercalation de phytons foliaires, soit de la division des phytons cotylédonnaires existants.

1° L'idée d'intercalation de phytons foliaires entre les cotylédons nous est venue en étudiant les germinations des *Cupressus*. Si l'on examine, par exemple, des germinations de *Cupressus Lindleyi*, on ne peut manquer d'être frappé de ce fait que le premier entre-nœud est excessivement réduit, alors que ceux qui suivent sont très développés. Le premier verticille de trois feuilles semble donc être intercalé au même niveau entre les cotylédons ; on ne distingue ces derniers qu'à leurs dimensions plus grandes et à premier examen, la plantule semble posséder six cotylédons : le *Cupressus Corneyana*, pour les mêmes raisons, paraît montrer quatre cotylédons. De là, à penser que l'augmentation du nombre des cotylédons est due à la réduction du premier entre-nœud, autrement dit à la descente du premier verticille, il n'y a qu'un pas qui serait facile à franchir : il suffirait d'admettre que l'apparition des mamelons foliaires se soit rapprochée de plus en plus de celle des mamelons cotylédonnaires, dans lequel cas cotylédons et feuilles, profitant des mêmes réserves, se seraient développés identiquement. L'anatomie n'a pas confirmé cette idée; les faisceaux cotylédonnaires seuls donnent insertion aux faisceaux de la racine (fig. 8, 17, Pl. XVI).

2° Il est plus probable que l'augmentation du nombre des cotylédons est due à un phénomène de division; ce sont les plantules des *Araucaria* ou de genres anciens très voisins, à deux larges cotylédons, qui ont donné naissance

aux plantules à nombreux cotylédons des Abiétinées. Si l'on examine la plantule d'*Araucaria imbricata*, par exemple, on peut facilement comprendre comment la transformation s'est produite ; chaque cotylédon possède un petit nombre de nervures qui se réunissent en un seul faisceau à la base ; ce sont ces nervures qui sont devenues indépendantes, et ont constitué tout autant de faisceaux cotylédonnaires distincts dans l'axe hypocotylé : en même temps, le limbe des deux larges cotylédons se découpait entre chaque faisceau cotylédonnaire, formant ainsi un nombre de lobes égal à celui des nervures ; chacun de ces lobes prenait pour sa part quelques-uns des faisceaux corticaux existants ; la germination ainsi obtenue se rapproche d'une façon frappante de celle des Abiétinées, et en particulier des *Pinus*. Est-on fondé au moins à admettre ces transformations dans la suite des temps? Rien n'est plus certain ; dans ce genre *Araucaria*, nous voyons encore se produire dans la plantule des variations qui, sans être aussi importantes, sont du même ordre ; ainsi, le nombre total des nervures, au lieu de se partager en deux groupes, se répartit sur trois cotylédons, quelquefois sur quatre, comme cela se produit dans les plantules d'*Araucaria* (section *Eutacta*). Si l'on examine d'autre part dans une plantule de *Pinus pinea*, par exemple, la course des faisceaux cotylédonnaires et leurs relations avec ceux de la racine, nous voyons, lorsque le nombre des cotylédons est impair, un fait qui rappelle la dépendance originelle de ces faisceaux : certains d'entre eux se relient aux autres faisceaux voisins sans contribuer directement à l'insertion (fig. 9, Pl. XII).

En résumé, nous pensons que l'augmentation du nombre des cotylédons chez les Gymnospermes provient de la division de deux larges cotylédons ; cette transformation s'est effectuée, dans la série des temps géologiques, sur un type voisin des *Araucaria* : mais ces deux cotylé-

dons ont perdu actuellement toute individualité, elle s'est fragmentée pour ainsi dire en nouvelles individualités bien caractérisées.

Cette idée n'est nullement contredite par ce que nous savons des Conifères fossiles ; les *Walchia*, que l'on rapproche des *Araucaria* du sous-genre *Eutacta*, se montrent dans le houiller supérieur ; les *Pinus* commencent seulement vers le liasique (1) ; d'un autre côté, on s'accorde maintenant pour considérer les Abiétinées comme étant liées par des affinités étroites aux Araucariées.

On remarquera également que le genre *Araucaria* a conservé une grande variabilité dans le nombre des cotylédons de la plantule, bien que le type normal soit de deux ; enfin, la tératologie montre des phénomènes identiques dans les Dicotylédones (2).

De toute façon, il serait fort intéressant d'étudier la plantule dans toutes les espèces du genre *Araucaria* et des genres voisins ; on ne pourrait manquer d'y trouver, au point de vue de l'évolution, des documents de grande valeur.

Notion du phyton chez les Gymnospermes. — La notion du phyton est si évidente, chez les Conifères, au point de vue morphologique, qu'il serait oiseux d'y insister ; chaque phyton a un rachis nettement séparé des voisins par un sillon plus ou moins profond ; c'est cette individualisation externe qui reçoit dans le langage courant le nom de décurrence foliaire, exprimant ainsi une idée fausse ; on l'a considérée de même à tort comme le résultat de feuilles accolées à la tige.

Au point de vue anatomique, notre travail n'est que le développement sous toutes ses formes de ce que nous considérons comme la base de l'anatomie végétale.

(1) Consulter : Renaut. Cours de Botanique fossile, 4e année, 1885.
(2) Léger. Note sur des germinations anormales d'*Acer platanoïdes* (Bullet. Société Linnéenne de Normandie, 4e série, 3e volume, 1890).

En effet, l'anatomiste qui voudra parcourir ce travail avec attention, comprendra quel avantage on peut retirer de la notion du phyton chez la plante pour comprendre sa véritable structure, sa charpente ; les nouveaux phytons qui se forment dans une plante *s'intercalent* entre les anciens ; c'est là l'explication naturelle de l'alternance des verticilles, de la position axillaire des branches ; dans le premier cas, les nouveaux phytons s'intercalent entre deux phytons du même verticille ; dans le second, ils s'intercalent entre les phytons de verticilles superposés ; chaque phyton ayant un rachis d'importance déterminée, il est évident que la considération de ce rachis entre en ligne de compte dans l'agencement final des phytons d'une même plante ; c'est donc une des causes déterminantes du cycle foliaire.

On doit juger un arbre à ses fruits ; or, sans la notion du phyton, il nous aurait été impossible d'établir les règles qui président à la distribution des éléments sécréteurs chez les Conifères, et en particulier chez les Abiétinées ; il nous aurait été interdit de fixer sûrement la position de ces éléments dans la tige en l'absence d'endoderme. Il en est de même en ce qui concerne le mode d'union de la tige et de la racine. Si l'on compare les lois si simples suivant lesquelles se fait l'union des deux membres, avec l'ensemble chaotique des anciennes données, même avec le renouveau qui leur a été donné par le beau travail de Gérard, il n'y aura pas, je pense, d'hésitation possible.

Il y a plus à faire encore : le phyton étant admis comme unité, c'est aux divers éléments qui le composent que devrait s'appliquer la notation primaire ; ainsi le nom péricycle est donné à tort dans la feuille au parenchyme qui s'étend entre le faisceau et l'endoderme ; le mot *péridesme* (Van Tieghem) exprime au contraire une idée juste : l'ensemble des péridesmes forme dans la tige le péricycle

interne et le péricycle externe, alors que les faisceaux foliaires s'unissent en couronne libéro-ligneuse; si les faisceaux sont dispersés, il n'y a pas de péricycle; il n'y a que des péridesmes; ce que nous appelons moelle et rayons médullaires est loin d'avoir toujours la même valeur; ainsi les rayons médullaires, dans la structure primaire, peuvent comprendre une partie médiane de tissu fondamental et deux parties latérales de tissu péricyclique ou simplement du péricycle; il en est de même de la moelle qui, théoriquement, doit être réduite quelquefois au péricycle interne.

En résumé, la notation anatomique a été établie en considérant d'abord la tige; on a ensuite donné le même nom aux parties qui se retrouvaient dans la feuille; nous pensons que la marche inverse seule est rationnelle et qu'elle aurait toutes chances d'être acceptée définitivement le jour où elle serait fixée par un anatomiste tel que le savant professeur du Muséum.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XIII

Pinus pinea. Fig. 1-10.

Fig. 1. Germination.

Fig. 2. Section d'un cotylédon ; E, endoderme ; P E, péricycle externe ; P I, péricycle interne ; B, bois ; L S, liber secondaire ; L P, liber primaire ; S, canaux sécréteurs.

Fig. 3. Course des faisceaux cotylédonnaires dans la plantule ; leur relation avec les faisceaux de la racine ; le pointillé indique les faisceaux libériens.

Fig. 4. Schéma indiquant comment se fait l'union des faisceaux ligneux cotylédonnaires et des faisceaux de la racine.

Fig. 5. Aspect du cylindre central à un des niveaux de l'axe hypocotylé ; L, faisceaux libériens ; S, canaux sécréteurs ; B, bois ; E, endoderme.

Fig. 6. Endoderme et péricycle dans l'axe hypocotylé.

Fig. 7. Disposition des faisceaux libériens L et des faisceaux ligneux B dans la racine.

Fig. 8. Détail d'une partie de la section précédente : B, faisceaux ligneux ; S, canal sécréteur ; L, faisceau libérien ; Z, zone génératrice ; E, endoderme ; M, tubes sécréteurs dans le péricycle.

Fig. 9. Course des faisceaux de la plantule dans le cas de treize cotylédons et de cinq faisceaux à la racine.

Fig. 10. Id. dans le cas d'une plantule à onze cotylédons et six faisceaux à la racine.

PLANCHE XIV

Pinus pinea. Fig. 1-5.

Fig. 1. Section des cotylédons et des premières feuilles : S, canaux sécréteurs ; F, faisceaux cotylédonnaires.

Fig. 2. Section d'une jeune feuille primordiale ; faisceau à l'état procambial.

Fig. 3. Section de l'axe épicotylé ; disposition des canaux sécréteurs et des faisceaux foliaires.

Fig. 4. Insertion de la feuille sur la tige; faisceau foliaire et canaux sécréteurs.

Fig. 5. Un faisceau foliaire dans l'écorce.

Pinus maritima Poir. Fig. 6-10.

Fig. 6-7. Germinations.

Fig. 8. Section des sept cotylédons.

Fig. 9-10. Course différente des faisceaux dans la plantule, selon le nombre des cotylédons et celui des faisceaux de la racine.

Pinus laricio Poir. Fig. 1-15.

Fig. 1. Section des cotylédons et des premières feuilles.

Fig. 2. Section de l'axe hypocotylé dans le cas d'une variation dans la course normale des faisceaux de la plantule.

Fig. 3. La course normale des faisceaux dans l'axe hypocotylé.

Fig. 4. Disposition un peu différente se rapportant à la variation signalée fig. 2.

Fig. 5. Section d'une racine à quatre faisceaux.

Fig. 6. Section de l'axe hypocotylé avec formations secondaires.

Fig. 7. Section de la racine de la même plantule.

Fig. 8. Diagramme indiquant la disposition des cotylédons et celle des premières feuilles.

Fig. 9. Section au niveau de l'insertion des cotylédons : huit faisceaux cotylédonnaires F groupés par deux et quatre faisceaux anastomotiques.

Fig. 10. Course de faisceaux dans une plantule : C, cotylédonnaires ; F, faisceaux foliaires ; A, anastomotiques.

Fig. 11. Section au niveau de l'axe hypocotylé d'une plantule à sept cotylédons ; quatre faisceaux foliaires F ; quatre faisceaux anastomotiques A ; on voit sept canaux sécréteurs, le huitième n'est pas encore visible.

Fig. 12. Section à un niveau plus élevé : F, F', faisceaux foliaires ; A, faisceaux anastomotiques ; chaque faisceau foliaire arrive de la feuille accompagné de ses deux canaux sécréteurs qui se continuent sur huit lignes verticales dans l'écorce (fig. 14).

Fig. 13. Section de la même plantule un peu au-dessous des cotylédons ; il s'y présente une anomalie dans les rapports des faisceaux cotylédonnaires et des faisceaux de la racine, comme on le voit dans la figure suivante.

Fig. 14. Course des faisceaux dans la même plantule ; S, indique en lignes de pointillé les huit séries de canaux sécréteurs.

Fig. 15. Section des feuilles primordiales.

PLANCHE XVI

Pinus sylvestris L. Fig. 1-2.

Fig. 1. Section partielle d'une feuille primordiale.
Fig. 2. Partie latérale du faisceau avec le tissu de transport.

Picea alba Ait. Fig. 3-14.

Fig. 3. Germinations.
Fig. 4. Section des cotylédons inclus dans la graine.
Fig. 5-7. Section à divers niveaux de l'axe hypocotylé, montrant les relations des faisceaux cotylédonnaires et des faisceaux de la racine.
Fig. 8. Une plantule plus âgée.
Fig. 9. Section de la plantule au départ des cotylédons C ; S, canal sécréteur ; F, faisceaux foliaires ; A, faisceaux anastomotiques.
Fig. 10. Section d'une feuille primordiale.
Fig. 11. Section de l'axe épicotylé : C, coussinets ; F, foliaires ; A, anastomotiques ; il y a trois phytons à ce niveau.
Fig. 12. Feuille primordiale à deux faisceaux.
Fig. 13. Course normale des faisceaux dans la plantule.
Fig. 14. Variation observée dans les relations des faisceaux d'une autre plantule.

Larix europæa D. C. Fig. 15-16.

Fig. 15. Deux jeunes germinations.
Fig. 16. Course des faisceaux dans une plantule à sept cotylédons et à racine ternaire.

Tsuga Canadensis. Fig. 17-19.

Fig. 17. Trois cotylédons à la plantule.
Fig. 18. Section partielle d'une racine.
Fig. 19. Course des faisceaux dans la plantule.

PLANCHE XVI

Cupressus funebris Endl. Fig. 1-4'.

Fig. 1. Germinations.
Fig. 2. Section des cotylédons et des premières feuilles.
Fig. 3. Les deux cordons ligneux dans le plan vertical médian des cotylédons.
Fig. 4. Un des cordons ligneux dans l'axe hypocotylé.
Fig. 4'. Schéma de la course des faisceaux dans l'axe hypocotylé.

Cupressus Corneyana Hort. Fig. 5-10.

Fig. 5. Une plantule avec ses premières feuilles.

Fig. 6. Diagramme indiquant la position des cotylédons et des premières feuilles.

Fig. 7. Section transversale de l'axe intéressant quatre phytons, quatre faisceaux foliaires F; quatre canaux sécréteurs corticaux S; quatre faisceaux anastomotiques.

Fig. 8. Course et relations de ces faisceaux dans la plantule.

Fig. 9. Section transversale d'une feuille.

Fig. 10. Id.

Cupressus Lindleyi Klotsch. Fig. 11-17.

Fig. 11. Début de germination.

Fig. 12. Plantule et ses premières feuilles.

Fig. 13. Diagramme indiquant la position des cotylédons et des premières feuilles.

Fig. 14. Section de la racine principale.

Fig. 15. Section de l'axe intéressant trois phytons : F, faisceaux foliaires; A, faisceaux anastomotiques ; S, canaux sécréteurs.

Fig. 16. Section d'une feuille transversale.

Fig. 17. Course et relations des faisceaux dans la plantule.

Actinostrobus pyramidalis Miq. Fig. 18-19.

Fig. 18. Germinations.

Fig. 19. Section de la racine principale.

PLANCHE XVII

Thuia orientalis L. Fig. 1-5.

Fig. 1-2. Germinations.

Fig. 3. Section au niveau des cotylédons.

Fig. 4. Section intéressant les deux premières feuilles et les feuilles suivantes.

Fig. 5. Course et relations des faisceaux dans la plantule.

Taxus baccata Tourn. Fig. 6-12.

Fig. 6. Germination.

Fig. 7. Diagramme indiquant la position des cotylédons et des premières feuilles.

Fig. 8. Section de la racine principale.

Fg. 9. Section de l'axe hypocotylé : F, massifs ligneux cotylédonnaires.

Fig. 10. Section en se rapprochant des cotylédons.

Fig. 11. Section au niveau des cotylédons : F, faisceaux foliaires ; A, faisceaux anastomotiques.

Fig. 11. Section de l'axe épicotylé.

Fig. 12. Relations des faisceaux dans la plantule un peu âgée après extension latérale des faisceaux anastomotiques.

Araucaria imbricata Pav. Fig. 13-20.

Fig. 13-16. Divers stades de la germination ; B, renflement de l'axe hypocotylé ; dans la fig. 16, l'axe hypocotylé s'est trouvé tronqué.

Fig. 17. Les deux plantules d'une même graine.

Fig. 18. Section des cotylédons vers la base.

Fig. 19. Section partielle de l'axe hypocotylé : B, bois ; L, liber ; E, endoderme; les deux cercles de canaux sécréteurs sont indiqués.

Fig. 20. Course et relations des faisceaux dans la plantule.

LA

PSEUDO-FÉCONDATION CHEZ LES URÉDINÉES

ET

LES PHÉNOMÈNES QUI S'Y RATTACHENT (1)

Par M. SAPPIN-TROUFFY

L'existence d'une pseudo-fécondation s'effectuant dans les téleutospores des Urédinées a été démontrée, pour les principaux genres de la famille, dans une note précédente (2).

Il était intéressant de pouvoir indiquer avec détails les particularités qui précèdent, accompagnent et suivent cette pseudo-fécondation.

Dans cette étude, qui a porté sur le *Gymnosporangium Sabinæ*, nous étudierons successivement :

A. La naissance de la téleutospore ;
B. La fusion des noyaux ;
C. La germination de la téleutospore.

A. — Les téleutospores naissent sur une couche hyméniale qui diffère très sensiblement, par ses propriétés, du stroma mycélien sous-jacent ; elle prend une coloration dif-

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1893.
(2) P.-A. Dangeard et Sappin-Trouffy. Une pseudo-fécondation chez les Urédinées (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 6 février 1893).

férente sous l'action des réactifs ; ainsi, avec le bleu de méthyle, par exemple, elle présente une teinte verte ainsi que les noyaux, alors que les autres parties du mycélium se colorent en bleu ; ses noyaux sont gros, nucléolés ; le protoplasma, disposé en réseau irrégulier, y est abondamment pourvu de matières grasses ; dans le reste du mycélium, les noyaux, au nombre de deux par cellule, sont plus petits et nucléolés, contrairement à ce que nous avions vu tout d'abord.

Il est nécessaire de remarquer que chaque cellule hyméniale peut fournir deux ou trois téleutospores ; on voit, à un certain moment, que cette cellule produit à sa surface une petite papille dans laquelle s'engage un noyau de la cellule-mère. La papille s'allonge de plus en plus et en même temps divise son unique noyau, puis se sépare de la cellule-mère, à la base, par une cloison ; chacun des noyaux de la papille subit une nouvelle bipartition accompagnée d'une formation de cloison délimitant le pédicelle de la spore ; spore et pédicelle ont donc chacun deux noyaux. Quelquefois la téleutospore reste à cet état : elle est unicellulaire ; le plus souvent ses deux noyaux subissent une dernière bipartition pendant qu'une cloison médiane se forme au milieu. Toutes ces divisions se produisent suivant le mode indirect. La cellule unique ou les deux cellules de la téleutospore ont donc finalement deux noyaux : ce sont ces deux noyaux qui vont se fusionner pendant la pseudo-fécondation.

B.— Les noyaux de la téleutospore augmentent de volume; les nucléoles, si difficiles à apercevoir dans la période végétative, sont ici très développés et ont un contour très net ; pour la fusion, les deux noyaux se placent très près l'un de l'autre ; les deux nucléoles se fusionnent en un seul qui devient très gros et alors que les deux masses chromatiques rejoignent leur bord pour entourer ce nucléole unique. Après cette fusion, le nucléole tend à reprendre son

volume primitif ; la chromatine se dispose en réseau irrégulier et l'ensemble du noyau prend un aspect spongieux ; son contour est sphérique et il occupe généralement le centre de la cellule ; le protoplasma qui l'environne est disposé en réseau plus fin.

Les téleutospores, plongées dans une substance gélatineuse de couleur jaunâtre, ne tardent pas, lorsqu'elles sont humectées, à entrer en germination ; au bout de 12 heures, on en observe déjà un certain nombre à divers états ; nous allons indiquer comment les choses se passent.

C. — La téleutospore simple possède quatre pores, la téleutospore bi-cellulaire en a deux à chaque cellule ; lors de la germination, le protoplasma se gonflant proémine en papille à chacun des pores ; mais comme le noyau, unique par pseudo-fécondation, ne se divise pas dans la téleutospore, il n'y a qu'une papille par cellule qui peut se développer en promycélium. Quand une moitié du protoplasma de la cellule est passée dans le filament germinatif, le noyau s'y engage à son tour en s'étirant et se porte au milieu du filament.

Il subit une première bipartition accompagnée de la formation d'une cloison médiane qui isole chacun des noyaux ; ceux-ci se divisent à leur tour et se trouvent séparés également par une cloison ; le promycélium est donc constitué par quatre cellules à un seul noyau. Chaque cellule du promycélium donne un petit tube grêle qui se renfle au sommet pour former une conidie ; le noyau passe dans ce tube grêle en s'étirant très fortement et arrive au milieu de la conidie où il reprend sa forme normale. Ces conidies primaires, tombant dans le liquide, donnent des conidies secondaires ; elles émettent un tube qui se renfle presque immédiatement ; le noyau de la conidie primaire en s'y portant se divise, de telle sorte que la conidie secondaire possède deux noyaux comme les cellules ordinaires

du mycélium. Nous sommes donc revenu à la structure de la partie végétative proprement dite.

Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique de la Faculté de Poitiers, sous la direction de M. Dangeard.

LE

POLYSPORELLA KUTZINGII ZOPF

Par P.-A. DANGEARD

Zopf a publié en 1887 un mémoire avec trois planches sur les parasites du groupe des Monadinées (1) ; deux des planches et la plus grande partie du travail sont consacrées à la description du *Polysporella Kutzingii ;* ce nouveau genre est placé dans les Monadinées, à côté des genres *Colpodella*, *Pseudospora*, *Protomonas*, *Diplophysalis* ; il en différerait par ses sporocystes à plusieurs spores ; d'après Zopf, le *Polysporella* serait actuellement l'une des Monadinées les mieux connues.

En continuant mes études sur les organismes inférieurs, je suis arrivé à une opinion bien différente : la création du genre *Polysporella* est le résultat d'une erreur d'interprétation, comme il en arrive fréquemment dans les sciences naturelles ; ce genre doit disparaître. Voici comment j'ai été amené à cette conviction.

Des Nitelles, recueillies aux environs de Poitiers, avaient été conservées en culture ; ces algues montrèrent après quelque temps un nombre considérable d'individus appartenant à une espèce dont j'ai indiqué ailleurs le développement complet : le *Pseudospora Nitellarum*.

(1) Zopf. Untersuchungen über parasiten aus der Gruppe der Monadinen, Halle, 1887.

Le *Pseudospora Nitellarum* forme d'abord des sporanges ; plus tard, il produit des kystes. Normalement, les sporanges se comportent de la manière suivante : ce sont des sphères jaunâtres qui ont absorbé par leur surface le protoplasma de la cellule de Nitelle, des grains d'amidon et des chloroleucites (fig. 1-2, Pl. XIX) ; la coloration jaunâtre provient de la digestion de ces substances ingérées. Lorsque la digestion est terminée, les résidus s'accumulent au centre ; la couche superficielle s'éclaircit, montre un réseau de granules. On voit ensuite cette couche se mamelonner ; des échancrures s'y produisent et finalement il y a fragmentation de cette couche en zoospores au nombre de dix à vingt; elles sont groupées autour de la masse des résidus, leur forme est sphérique (fig. 2-3, Pl. XIX). Ces zoospores qui possèdent un flagellum unique placé à l'avant, sortent au travers de la mince membrane du sporange (fig. 3).

C'est pendant cette période de la formation du sporange que se sont produites les altérations et les modifications qui ont conduit Zopf à créer le nouveau genre *Polysporella*.

Les sporanges renferment un nombre variable de grosses spores exactement sphériques (fig. 14, Pl. XIX) ; leur protoplasma est plus ou moins teinté de rouge, parfois incolore ; il renferme de nombreuses granulations constituant une matière de réserve ; ces granulations se colorent en effet en brun sous l'action de l'acide osmique ; au centre de ces spores, se trouve un noyau nucléolé assez gros, facile à voir sans l'aide d'aucun réactif. Ces spores sont entourées par une membrane réfringente : extérieurement à celle-ci, il y a une zone muqueuse d'épaisseur variable. Quant au sporange lui-même, sa membrane reste mince ; quelquefois elle est un peu plus épaisse ; son protoplasma est devenu très aqueux, et c'est seulement çà et là que des granulations jaunâtres et des résidus sont dispersés sans ordre.

Ces spores n'appartiennent point au développement du *Pseudospora Nitellarum*, et il nous a été possible d'établir très nettement leur nature, en établissant une série de cultures ; nous avons reconnu que ces spores sont les kystes d'un Rhizopode parasite du *Pseudospora*.

Ce Rhizopode, pendant sa période d'activité, est formé par une petite masse de protoplasma de laquelle rayonnent de fins pseudopodes (fig. 6, 7, 8, 10, Pl. XIX). Il pénètre à l'intérieur des sporanges, alors que ceux-ci ont atteint souvent leur entier développement ; là, ce parasite se nourrit aux dépens du *Pseudospora* ; il profite des aliments ingérés par ce dernier ; il absorbe également le protoplasma de l'hôte ; de temps en temps, il se débarrasse des résidus ; l'introduction des aliments comme leur expulsion se fait par un point quelconque de la surface. Le parasite, sous l'influence d'une nutrition abondante, se divise en deux nouveaux individus (fig. 10) ; si le milieu est épuisé, chacun d'eux rétracte ses pseudopodes, s'arrondit, se débarrasse des résidus de la digestion, s'il en existe, les rejette autour de lui (fig. 13, Pl. XIX) ; il s'entoure d'une membrane et devient la spore dont nous avons indiqué précédemment la structure. Si le milieu fournit une nourriture abondante, la division ne s'arrête pas à ce stade ; les deux individus se divisent à leur tour et il peut se produire ainsi à l'intérieur de chaque sporange un nombre variable de spores. Ces spores peuvent provenir également de plusieurs parasites ayant pénétré dans le sporange.

La nature de ce parasite peut être exactement déterminée : c'est une espèce de *Nuclearia* qu'il est impossible de distinguer de *N. simplex* Cienk.

Outre les sporanges dont nous avons parlé, le *Pseudospora Nitellarum* forme encore des kystes, le protoplasma s'entoure d'une première membrane de cellulose ; puis il se contracte, s'épure ; il expulse les résidus de la digestion sous la première membrane et s'entoure d'une seconde

membrane ; le même phénomène peut se reproduire une seconde fois (fig. 4, 5, 12, Pl. XIX).

Il est probable que le parasite peut pénétrer dans ces kystes pendant les premières phases du développement ; mais jusqu'ici nous n'avons pas eu l'occasion d'observer le fait.

Voyons maintenant comment ces faits nous permettent de contester l'autonomie du genre *Polysporella* établi par Zopf.

Cet auteur considère le développement de ce genre comme étant composé de deux parties : 1° l'enkystement ; 2° la formation des zoospores, sans parler, bien entendu, de la période végétative.

Les individus pendant le stade de nutrition sont très bien représentés dans la figure 33, Pl. II (1) ; la formation des zoospores est également bien indiquée dans les figures 34 et 35 de la même planche ; c'est certainement l'aspect normal du *Pseudospora Nitellarum* ; Zopf admet qu'il y a une suite de bipartitions pour la séparation des zoospores, ce qui appellerait sans doute confirmation. Quant aux amibes de la figure 32, il me semble extrêmement probable que ce sont simplement les *Nuclearia simplex*, qui ont amené la confusion. Donc, jusqu'ici, aucune difficulté, nous avons bien affaire au *Pseudospora* et non à un genre nouveau.

En ce qui concerne la période d'enkystement, voici comment elle s'opère, d'après Zopf. Le sporocyste, alors qu'il est encore jeune, montre une mince membrane et il renferme beaucoup d'amidon ; après un certain temps, la membrane est devenue plus épaisse et l'amidon a été digéré. Le contenu plasmatique se montre granuleux ; il se divise en deux parties sensiblement d'égale grosseur ; on observe à ce moment des *mouvements amiboïdes*.

(1) Zopf. Loc. cit.

Si le sporocyste ne doit renfermer que deux spores, les deux masses de protoplasma ainsi formées s'arrondissent et s'entourent d'une membrane.

Si le sporocyste est destiné à posséder un nombre plus élevé de spores, il y a des bipartitions successives du protoplasma et toujours on observe des mouvements amiboïdes.

Zopf a écrit que le protoplasma du sporocyste se comporte comme une grosse amibe qui subirait une suite de bipartitions. « Der Plasmainhalt der Sporocysten verhalt sich also gewissermaassen wie eine grosse, sich successive theilende Amoebe (1). »

Dans notre interprétation, confirmée par les faits que nous avons observés, c'est bien en effet une amibe ; mais c'est une amibe parasite qui a pénétré à l'intérieur des sporanges du *Pseudospora* ; elle s'y nourrit, y digère les grains d'amidon, se divise pour s'enkyster ensuite (fig. 13, Pl. XIX).

Zopf a assisté à la formation des kystes, mais en la considérant comme caractéristique de son nouveau genre ; il a vu les parties provenant de la division perdre leur métabolie, s'entourer tout d'abord d'une mince membrane ; l'épaisseur de cette membrane augmente et on y distingue bientôt deux couches : l'une interne, plus épaisse et plus sombre ; l'autre externe, plus mince et de nature gélatineuse. Le contenu de ces formations montre en même temps des changements remarquables ; le noyau apparaît avec une grande netteté, les granulations du protoplasma étant devenues plus petites en même temps qu'elles se groupaient sous la paroi.

Tous ces caractères correspondent exactement à ceux des kystes de *Nuclearia*.

Une seule observation vient à l'encontre de notre inter-

(1) Zopf. Loc. cit. p. 14.

prétation : d'après Zopf, ces kystes germeraient en donnant quatre zoospores ; mais alors que pour tout ce qui précède, il y a luxe de figures, ici, il n'en existe qu'une et assez peu démonstrative. Si bien qu'en face des faits précis que nous apportons, elle perd beaucoup de sa valeur.

En résumé, le genre *Polysporella* doit disparaître de la famille des Monadinées zoosporées ; son développement se compose : 1° de la formation sporangiale normale, du *Pseudospora Nitellarum* ; 2° des transformations produites dans l'organisation de cette dernière espèce par la présence d'un parasite, le *Nuclearia simplex*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIX.

Fig. 1. *Pseudospora Nitellarum*, à l'intérieur d'une Nitelle.

Fig. 2. Début de la formation des zoospores.

Fig. 3. Sporange mûr et zoospores.

Fig. 4, 5, 12. Kystes ; germination en zoospores.

Fig. 6-11. *Nuclearia simplex* Cienk.

Fig 13. Filaments de Nitelle avec deux *Nuclearia* libres, munis de pseudopodes ; deux autres ont pénétré à l'intérieur d'un sporange de *Pseudospora Nitellarum* ; un autre sporange est encore intact.

Fig. 14. Kystes de *Nuclearia* à l'intérieur des sporanges du *Pseudospora Nitellarum* : on s'explique ainsi les divers aspects de la fig. 15 reproduite d'après Zopf (1), aspects qui ont conduit cet observateur à la création du genre *Polysporella*.

(1) Zopf. Loc. cit. Pl. I, fig. 8.

LES

SUÇOIRS CHEZ LES URÉDINÉES

Par M. SAPPIN-TROUFFY

(Pl. XVIII, fig. 1-7.)

Dans nos recherches sur les Urédinées, qui comprennent un grand nombre d'espèces vivant sur les plantes cultivées, il était intéressant de montrer, au point de vue pathologique, les relations qui pouvaient exister entre le parasite et son hôte ; c'est ce que nous allons étudier plus loin. Ce groupe de champignons qui avait été, jusqu'alors, considéré comme étant, à peu d'exception près, dépourvu de suçoirs, en présente de nombreux, aussi nets et aussi développés que chez les Péronosporées et les Ustilaginées.

Nous examinerons successivement, dans cette note, la structure intime du mycélium et celle des suçoirs dans les trois genres *Puccinia gramminis*, *Uromyces betæ* et *Coleosporium senecionis*.

Mycélium. — Le mycélium consiste en tubes rarement cylindriques, parfois variqueux, dont l'ensemble dépend de la forme des méats intercellulaires de la plante qu'ils remplissent. Dans les filaments végétatifs du *Puccinia gram-*

minis, les noyaux sont petits et constitués par un hyaloplasme qui renferme de fines granulations de chromatine, ce qui rend difficile l'observation du nucléole; ces granulations peuvent être régulières et très petites ou plus grosses et irrégulières. Ces noyaux se rencontrent fréquemment à l'état de division : il y a ainsi souvent deux noyaux par cellule. Les filaments mycéliens n'occupent presque exclusivement que les cellules parenchymateuses de la plante; on n'en trouve pas dans les faisceaux libéro-ligneux, ni dans les cellules sclérifiées ; on doit faire exception pour les suçoirs qui perforent la paroi de la première rangée des cellules de sclérenchyme confinant au parenchyme.

Dans les filaments mycéliens de l'*Uromyces betæ*, les noyaux, plus généralement au nombre de deux par cellule, sont plus gros que ceux du *Puccinia gramminis* et se présentent le plus souvent avec un aspect vésiculaire : une membrane limite un hyaloplasme au centre duquel se trouve un nucléole entouré d'une auréole claire.

Dans le *Coleosporium senecionis*, le mycélium a, à peu près, le même aspect que dans l'*Uromyces betæ ;* les noyaux sont rarement inférieurs à deux par cellule et ils sont rapprochés l'un de l'autre ; ils sont gros et souvent nucléolés. Dans la tige, les filaments végétatifs sont entièrement localisés dans la région corticale, ils ne dépassent pas l'endoderme.

D'une manière générale, chez les Urédinées et dans les trois genres que nous venons d'étudier, les noyaux, à l'état de repos, sont ordinairement sphériques ; dans les filaments en voie de croissance, ils sont allongés, étirés, et souvent en voie de division : dans ce dernier cas, ils sont plongés dans un protoplasme dense, granuleux, et se multiplient suivant le mode indirect. Les parties âgées des filaments sont généralement dépourvues de protoplasme, tandis que les extrémités contiennent un protoplasme très dense : le protoplasme, en effet, chemine dans les fila-

ments en formant derrière lui des cloisons. Les tubes sont formés d'une membrane incolore qui, à un âge avancé, peut être assez épaisse, sans jamais atteindre néanmoins l'épaisseur et la consistance gélatineuse de la membrane des *Cystopus*. Dans les tubes jeunes, elle est très délicate; cependant elle est toujours très visible en traitant la coupe par l'hématoxyline alunée qui colore légèrement la membrane en bleu. Le mycélium rampe dans les espaces intercellulaires ou dans des cavités quelconques de la plante hospitalière. Une partie plus ou moins étendue de la surface des tubes se serre contre les cellules de celle-là, et, chez la plupart des espèces, s'y fixe par des organes appendiculaires identiques aux suçoirs des Péronosporées et des Ustilaginées.

Suçoirs — Ces organes, dans les Urédinées, sont formés par un léger renflement qui peut être vésiculaire, obovale, allongé, claviforme, contourné en tire-bouchon ou ramifié de diverses manières, supporté par un pédicule creux et étroit et communiquant par celui-ci avec la cavité des tubes. Ces renflements sont renfermés dans l'intérieur des cellules hospitalières, le pédicule perfore les parois de celles-ci. La longueur, le diamètre et la forme du suçoir varient selon les espèces et selon l'individu. Les suçoirs renferment un protoplasme granuleux, quelquefois vacuolaire, au milieu duquel se trouvent les noyaux dont le nombre varie suivant les genres que l'on étudie.

Dans le *Puccinia gramminis*, les suçoirs sont très nombreux et remplissent souvent la cavité des cellules hospitalières et ont fréquemment la forme d'un bâtonnet contenant un protoplasme vacuolaire au milieu duquel se trouve un noyau (fig. 1, Pl. XVIII). Ils prennent quelquefois des formes assez variables ; ils sont alors plus ou moins contournés ou ramifiés en deux ou trois branches qui embrassent le noyau de la plante plus ou moins fortement. Ils per-

forent assez fréquemment les parois de la première rangée des cellules de sclérenchyme confinant au parenchyme, comme le représente la section longitudinale d'une tige d'avoine dans la fig. 1 ; ils sont disposés alors suivant le grand axe de la cellule de sclérenchyme et tendent à se mettre en rapport avec son noyau. Dans ces sortes de cellules, ils ont, en général, une forme droite, quelquefois irrégulièrement cylindrique, et ils ne contiennent qu'un noyau. Leur diamètre est sensiblement égal à celui des tubes ; le pédicule dans quelques cas peut présenter une cloison à sa base (fig. 4, Pl. XVIII). La figure 5 nous montre la coupe transversale d'une cellule de sclérenchyme dont le noyau se trouve entouré par les suçoirs se trouvant à ce niveau. Le noyau de la cellule hospitalière est souvent déformé par ce contact et prend des formes très variables.

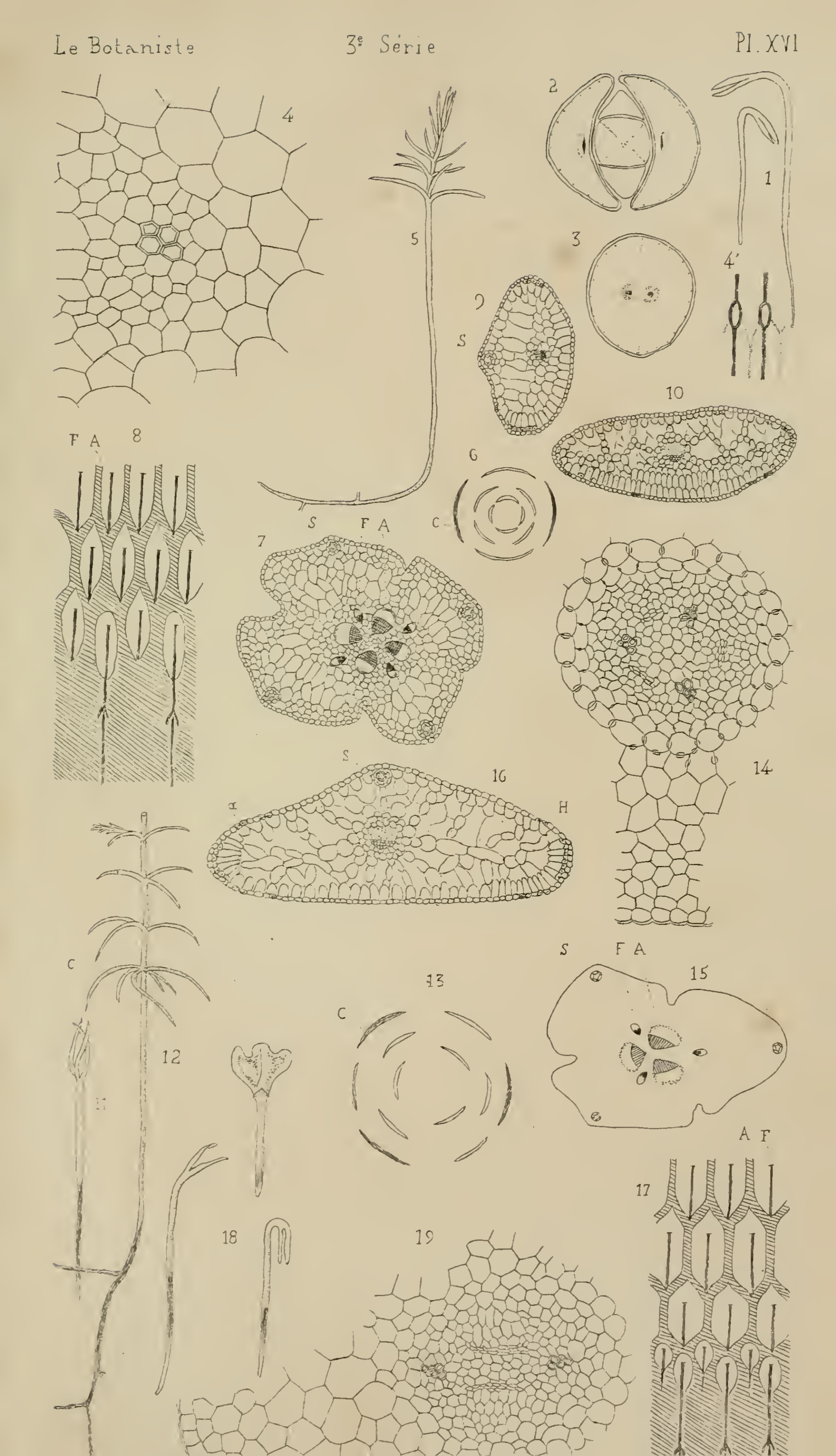
Les suçoirs de l'*Uromyces betæ* sont un peu différents de l'espèce précédente, ils ont la forme d'une utricule simple (fig. 6, Pl. XVIII), dichotome ou, plus fréquemment, divisée en de nombreux rameaux (fig. 7), ou enroulés en tire-bouchon. Leur diamètre est égal ou supérieur à celui des tubes intercellulaires ; leur contenu est granuleux, parfois vacuolaire ; on y rencontre en général plusieurs noyaux qui ont la même constitution que ceux des filaments mycéliens. Comme les suçoirs du *Puccinia gramminis*, ils se mettent en contact avec les noyaux des cellules hospitalières, les déforment et les étreignent souvent solidement (fig. 7, Pl. XVIII).

Dans le *Coleosporium senecionis,* les suçoirs sont simples ou dichotomes, présentant constamment deux noyaux, et sont quelquefois coudés ou claviformes ; leur extrémité se trouve, comme précédemment, souvent au voisinage du noyau de la cellule hospitalière. On en rencontre aussi qui ont la forme d'une vésicule à membrane épaissie, renfermant également deux noyaux ; ces derniers ont la même constitution que ceux des cellules des

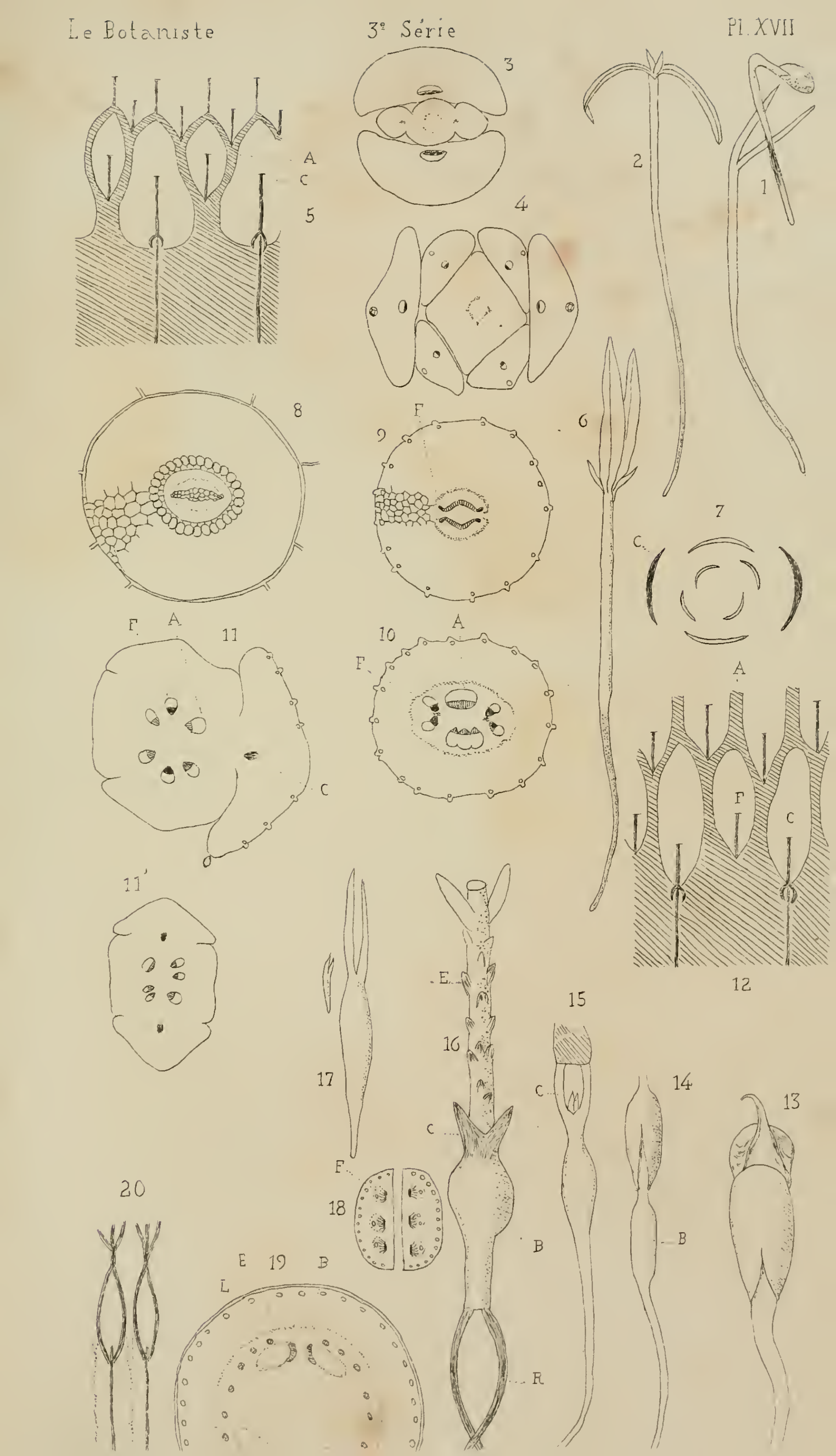
filaments mycéliens; le pédicule des suçoirs dans cette espèce est généralement plus gros que dans celui des suçoirs du *Puccinia gramminis*.

Nous donnerons plus tard, dans un travail d'ensemble, la description des suçoirs pour toutes les espèces où nous les avons rencontrés; ils nous suffisait ici d'établir l'existence générale de ces organes dans la famille des Urédinées ; nous avons choisi pour cela de préférence l'espèce la plus redoutée des cultivateurs, celle qui a fait l'objet de nombreux travaux français et étrangers, le *Puccinia gramminis*. On se rendra mieux compte maintenant de la façon dont le parasite agit sur la plante hospitalière; en se portant au voisinage du noyau, le suçoir est, sans doute, dans les meilleures conditions pour détourner, à son profit, les produits élaborés par la cellule et pour affaiblir ainsi l'organisme tout entier.

(Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Poitiers.



1
2
3
4
4'
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
F A
S
C
a
H
A F


3
2
1
A
C
5
4
8
F
9
6
7
C
F
A
11
10
A
F
C
A
F
C
11'
E
16
17
15
14
13
C
C
12
F
18
B
B
20
E
19
B
L
R


4
A
5
6
7
B
A
A
B
B


2
S
1
A
3
R
5
4
R
8
7
6
11
10
12
9
13
14
15

RECHERCHES

SUR LA

REPRODUCTION SEXUELLE DES CHAMPIGNONS

Par P.-A. DANGEARD

INTRODUCTION

Ce mémoire fait suite à nos « Recherches histologiques sur les Champignons (1) » ; il a été effectué dans d'excellentes conditions de travail ; aussi, bien que la famille des Ustilaginées ne soit pas favorable aux recherches histologiques, comme en témoignent le peu d'observations que nous possédons à son sujet, nous avons pu cependant en faire une étude assez complète. Ce qui devra attirer particulièrement l'attention des naturalistes, c'est la question de la *sexualité des champignons* qui semble devoir trouver bientôt, dans ces recherches histologiques, sa solution définitive. On pourrait peut-être ajouter que cette solution aura un intérêt plus général et indiquera la voie à suivre pour la recherche des phénomènes de fécondation dans les groupes d'animaux ou de végétaux qui sont considérés jusqu'ici comme en étant dépourvus.

(1) *Le Botaniste*, 2e série, pages 63-149.

CHAPITRE I

CARACTÈRES DE LA REPRODUCTION SEXUELLE CHEZ LES ALGUES ET LES CHAMPIGNONS

La sexualité se présente, dans l'ensemble des êtres vivants, comme un phénomène général d'une importance capitale : elle assure la perpétuité de l'espèce : elle est en même temps la source des variations qui s'y produisent ; de nombreux savants se sont occupés de déterminer les conditions dans lesquelles elle s'effectue et de caractériser l'acte même de la fécondation. Guignard, à la suite de ses belles recherches sur la fécondation des plantes supérieures, a pu énoncer cette conclusion : « Au total, la partie fondamentale dans l'étude morphologique de la fécondation paraît résolue : le phénomène n'est pas, comme on avait cru pouvoir l'admettre jusqu'ici, de nature purement nucléaire ; il ne consiste pas simplement dans l'union de deux noyaux d'origine sexuelle différente, mais aussi dans la fusion de deux corps protoplasmiques, dont les éléments essentiels sont les sphères directrices de la cellule mâle et de la cellule femelle (1).

On est loin d'être aussi avancé dans l'étude de la reproduction chez les Algues et les Champignons : la petitesse des noyaux rend leur étude pénible et difficile ; d'un autre côté, il n'est pas toujours facile de se procurer les matériaux d'étude en bon état.

(1) L. Guignard. Nouvelles études sur la fécondation (*Ann. sc. naturelles, Bot.*, T. XIV, 1891, p. 276).

On connaît, à l'heure actuelle, un certain nombre d'Algues dans lesquelles la fusion des noyaux sexuels a été constatée d'une manière certaine : les Chlamydomonadinées, les Conjuguées, les Œdogoniées.

I. *Chlamydomonadineæ.* — Dans le *Chlamydomonas Reinhardti* Dang., chaque gamète possède un noyau ; après la fusion des protoplasmes, les deux noyaux s'unissent en un seul qui est le noyau unique de l'œuf (1) ; nous avons vu la même chose se produire dans le *Corbierea vulgaris* Dang. ; ce sont les deux pyrénoïdes qui arrivent d'abord au contact l'un de l'autre en conservant leur structure ; les noyaux se portent beaucoup plus tard l'un vers l'autre ; ils se réunissent en une masse anguleuse qui s'arrondit ensuite et ne montre plus aucune trace de soudure (2).

Goroschankin a étudié particulièrement à ce sujet le *Chlamydomonas Braunii*, espèce dans laquelle on peut saisir, sur le vivant, la réunion des noyaux sexuels dont l'un, le noyau femelle, est en général plus gros que le second (3).

II. *Conjugatæ.* — Schmitz a le premier indiqué *la copulation des noyaux* dans les zygospores du *Spirogyra* (4) ; le fait a été confirmé d'abord par Overton (5). Klebahn a étendu beaucoup ces premières observations : d'après lui, chaque noyau sexuel nucléolé reste longtemps distinct

(1) P.-A. Dangeard. *Recherches sur les algues inférieures* (*Ann. des sciences natur. Bot.*, T. VII, p. 104).

(2) P.-A. Dangeard. *Mémoire sur les algues* (*Le Botaniste*, 1re série, p. 148-149).

(3) Goroschankin. Beitrag zur Kenntnis der Morphologie und Systematik der Chlamydomonaden, I *Chl. Braunii* (*Bull. de la Société Impériale des naturalistes de Moscou*, 1880, no 3).

(4) Schmitz. Untersuchungen über die zellkerne der Thallophyten (*Verhandlungen des naturhistorichen Vereins der preussischen Reinlande und Westfalens*, 1879, p. 346).

(5) Overton. Ueber den Conjugation svorgang bei *Spirogyra* (*Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft*, 1888, p. 68).

dans la zygospore après la réunion des deux protoplasmes ; mais la fusion est toujours complète dans la zygospore mûre (1).

Le noyau sexuel se comporte, à la germination, d'une façon remarquable dans les *Cosmarium* et les *Closterium*. La zygospore produit deux embryons, mais le noyau, au lieu de ne subir qu'une seule bipartition, se divise une première fois selon le mode indirect, puis une seconde fois, donnant ainsi naissance pour chaque embryon, à un « gros noyau » et à un « petit noyau » ; ce dernier est destiné à disparaître sans que l'on puisse déterminer s'il se dissout dans le protoplasma ou s'il se réunit ultérieurement au premier.

Il faut rapprocher de ces faits ceux qui ont été signalés par Chmielewsky chez le *Spirogyra* crassa (2). D'après cet auteur, le noyau unique de la zygospore, provenant de la fusion, subit deux bipartitions successives : des quatre noyaux ainsi formés, deux se fragmentent et disparaissent, les deux autres se fusionnent en un seul. Il est impossible jusqu'ici de tenter une explication plausible de ces observations ; d'ailleurs Klebahn n'a vu qu'un noyau dans la zygospore des *Spirogyra* et *Zygnema*, sans trace d'anomalie quelconque (3).

III. *Œdogonieæ*. — Les renseignements que nous possédons sur ce groupe sont dus à Klebahn qui a étudié l'*Œdogonium Boscii*: le noyau mâle de l'anthérozoïde n'est pas nucléolé, mais il est très riche en chromatine;

(1) Klebahn. Ueber die Zygosporen einiger Conjugaten (*Berichte der Deutchen botanischen Gesellschaft*, 1888, p. 160). — Studien uber Zygoten (*Pringsheim's Jahrbücher*, Bd. XXII).

(2) Chmielevsky. Matériaux pour servir à la morphologie et physiologie des procès sexuels chez les plantes inférieures, Charkow, 1890 (Mémoire écrit en langue russe, sans résumé français).

(3) Klebahn. Studien über Zygoten (*Pringsheim's Jarbücher*, Bd. XXII).

le noyau femelle de l'oosphère est plus gros, possède un fort nucléole ; il est très pauvre en chromatine. Après la pénétration de l'anthérozoïde, on voit le noyau mâle augmenter de volume sans modifier sa structure et parvenir jusqu'au noyau femelle dans lequel il pénètre : on n'aperçoit aucune trace de « sphères attractives (1) ».

Nous possédons aussi quelques renseignements sur les phénomènes intimes de la reproduction sexuelle des Fucacées et des Volvocinées.

IV. *Fucaceæ.* — Behrens a indiqué la présence de huit noyaux dans les oogones des *Fucus* (2) ; ils proviennent par division indirecte de la division d'un noyau unique, et ils sont destinés à chacune des oosphères ; Oltmanns a confirmé ces résultats ; il a montré de plus que l'oogone contient toujours huit noyaux, alors que le nombre des oosphères formées peut être inférieur à huit (3) ; ainsi, dans l'*Ascophyllum nodosum* qui ne produit que quatre oosphères, quatre noyaux sont destinés à disparaître : il n'en persiste qu'un seul dans l'*Himanthalia lorea*, dont l'oogone ne forme qu'une oosphère.

Behrens a observé que les oosphères, maintenues pendant cinq à dix minutes au contact des anthérozoïdes, possédaient deux noyaux ; il en concluait que la présence d'un second noyau est due à la pénétration d'un anthérozoïde : cependant Oltmanns a vu que le noyau de l'oosphère encore contenue dans l'oogone présentait des traces de division ; nous devons donc attendre avant de conclure définitivement.

(1) Klebahn. Studien über Zygoten, II. Die Befruchtung von *Œdogonium Boscii* (*Pringsheim's Jahrbücher fur. W. Bot.* 1892, p. 235-267).

(2) Behrens. Beitrag zur Kenntniss der Befruchtungsvorgange bei *Fucus vesiculosus* (*Berichte Deut. bot. Gesellschaft*, 1886).

(3) Oltmanns. Beitrag zur Kenntniss der Fucaceen (*Bibliotheca botanica, Heft* XVI, 1889).

V. *Volvocineæ*. — L'œuf des *Volvox* renferme au centre un gros noyau nucléolé, et Overton a mis en évidence la présence à l'intérieur de cet œuf d'un second noyau beaucoup plus petit, nucléolé, qu'il attribue, non sans raison, à un spermatozoïde ayant opéré la fécondation : après quelque temps, l'œuf ne montre plus qu'un seul noyau, ce qui rend la fusion excessivement probable (1).

Dans les cas qui précèdent, les cellules ne possèdent qu'un seul noyau et la question de la sexualité est réduite à sa plus simple expression ; il eût été intéressant de savoir ce qui se passe lorsqu'on a affaire à des espèces comme les Vaucheries, où la séparation en cellules n'existe pas, le thalle non cloisonné renfermant de nombreux noyaux; malheureusement, ici, les observations des divers auteurs, outre qu'elles sont incomplètes, concordent mal. Ainsi, Schmitz (2) et Behrens (3) n'ont vu qu'un seul noyau central dans l'oospore ; mais la nature nucléaire de ce corps est mise en doute par Klebahn, d'après lequel chaque oospore, longtemps après la fécondation, montre encore de nombreux petits noyaux (4); nous retrouverons des divergences analogues d'interprétation dans les Champignons.

Nous allons maintenant voir quel est l'état de la question chez les Champignons et nous examinerons séparément les Oomycètes chez lesquels la formation des œufs est connue et les autres familles où l'existence d'une fécondation ne peut tarder, pensons-nous, à être admise comme générale.

(1) Overton. Beitrag zur Kenntniss der Gattung *Volvox* (*Bot. Centralblatt*, Bd. XXXIX).

(2) Schmitz. Untersuch. über die Zellkerne der Thallophyten (*Verhandl. O. natur. hist. Vereins der preussischen Rheinlande*, 1879).

(3) Behrens. Einige Beobachtungen über die Entw. des Oogons und der Oosphaere von *Vaucheria* (*Bericht. der Deut. bot. Gesells.*, 1890).

(4) Klebahn. Studien über Zygoten *Pringsheim's Jahrbücher*, Bd. XXVI, p. 235).

Dans le premier groupe, les recherches ont porté sur les Entomophthorées, les Ancylistées, les Peronosporées et les Saprolégniées.

I. *Entomophthoraceæ.* — Le *Basidiobolus ranarum* seul a été étudié au point de vue de la fécondation : les cellules végétatives de cette espèce ne renferment qu'un seul noyau nucléolé (1) ; les zygospores, d'après Chmielewsky, possèdent deux noyaux qui, dans l'espace d'une quinzaine de jours, se fusionnent en un seul (2). Ceci nous rappelle exactement, tant au point de vue de la structure du thalle, qu'à celui de la fécondation, ce qui existe chez les Algues : il n'en est plus de même dans les groupes suivants :

II. *Ancylisteæ.* — Il résulte de nos propres observations que, dans l'*Ancylistes Closterii*, chaque article du thalle renferme de nombreux noyaux ; les jeunes oospores possèdent sept ou huit noyaux (3). Depuis la publication de ces recherches, nous avons réussi à rattacher ces noyaux au type ordinaire avec membrane nette et nucléole central; dans l'oospore, on voit souvent un noyau central, les autres noyaux restant pariétaux ; nous ignorons en quoi consiste l'acte même de la fécondation.

Peronosporeæ. — D'après Wager, l'oogone et l'anthéridie du *Peronospora parasitica* renferment de nombreux noyaux (4); leur nombre, dans l'oogone, peut dépasser une centaine; il est de six à douze dans l'anthéridie ; ces

(1) Eidam. Basidiobolus eine neue Gattung der Entomophthoraceen (*Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, Bd. IV).

(2) Chmielewsky. Zur frage über die Copulation der Kerne beim Geschlechtsprocess der Pilze (*Arbeiten der neurussischen naturforschev-Gesellschaft*, Bd. XIII, Odessa, 1888).

(3) P.-A. Dangeard. Recherches histologiques sur les champignons (*Le Botaniste*, 2e série, p. 94-95).

(4) Wager. Observations on the structure of the nuclei in *Peronospora parasitica* (*Annals of Botany*, Vol. IV, p. 127).

noyaux se multiplient par division indirecte en diminuant de volume ; deux ou quelquefois peut-être trois de ces noyaux se placent au centre de l'oosphère et s'unissent en un seul noyau, alors que les autres restés dans la couche de périplasme contribuent à la formation de l'exospore. Des noyaux de l'anthéridie, les uns passent probablement dans le périplasme, alors qu'un seul va peut-être s'unir au noyau de l'oosphère.

Le *Plasmopara densa* possède également dans l'oogone et dans l'anthéridie de nombreux noyaux (1).

Chmielewsky, étudiant les *Cystopus*, dit que l'oogone ne contient qu'un seul noyau, de grosse taille, nucléolé ; l'anthéridie ne contiendrait également qu'un noyau. L'oospore mûre ne renfermant, d'après cet observateur, qu'un noyau, la fécondation consisterait dans la fusion du noyau de l'anthéridie avec celui de l'oogone (2). Dans un travail plus ancien, Fisch avait vu cependant plusieurs noyaux dans les oogones et les anthéridies, et Wager a mis en doute dans son travail l'exactitude des observations de Chmielewsky.

Reprenant ce point controversé, nous avons établi que l'oogone possède de nombreux petits noyaux ; ils sont placés, dans l'oogone jeune, à l'intersection des mailles d'un protoplasma trabéculaire : les anthéridies ont la même structure. Au moment où l'oosphère se sépare du périplasme, une partie des noyaux reste dans cette dernière couche et contribue à la formation de l'exospore : il n'a pas été possible de dire d'une façon certaine comment se comportent ceux de l'oosphère au moment de la fécondation ; au centre de l'oosphère, se développe un

(1) P.-A. Dangeard. Recherches histologiques sur les Champignons. Loc. cit. p. 134-137.

(2) Chmielewsky. Zur Frage über die copulation der Kerne beim Geschlechtsprocess der Pilze (*Arbeiten der neurussichen naturforscher Gesellschaft*, Bd. XIII, Odessa, 1888).

globule oléagineux , il est séparé de l'endospore par une couche de protoplasma granuleux, dans lequel on retrouve après quelque temps plusieurs noyaux (1).

Le *Pythium proliferum* possède également de nombreux noyaux soit dans les oogones, soit dans les anthéridies : d'après Fisch (2), ces noyaux s'uniraient en un seul dans l'oospore mûre ; il est probable que l'idée de cette fusion en un seul noyau central vient de la présence d'un globule oléagineux qui rappelle exactement celui des *Cystopus*.

IV. *Saprolegniaceæ*.—Schmitz (3) a vu plusieurs noyaux dans l'anthéridie et dans l'oogone de l'*Aphanomyces lœvis* : n'en trouvant qu'un seul dans les oospores mûres, il pensait que ce dernier provenait d'une réunion de plusieurs noyaux. Hartog admet que les vacuoles de l'oosporange sont des noyaux à tous les stades de conjugaison ; les oosphères jeunes renferment un certain nombre de ces noyaux composés qui se fusionnent ensuite dans l'oospore en un seul gros noyau central (4). D'après nos observations (5) confirmées par celles d'Humphrey (6), les vacuoles ne représentent point des noyaux en conjugaison; de plus, nous avons trouvé dans les oospores *mûres*, entre le globule oléagineux et la membrane, un certain nombre de noyaux ; dans les *jeunes* oospores,

(1) P.-A. Dangeard. Recherches histologiques. Loc cit. p. 125-130.

(2) Fisch. Ueber das Verhalten der Zellkerne in fusicnirenden Pilzzellen (*Tageblatt Versammlung Deut. naturforscher und Aerzte*, 1885).

(3) Schmitz. Untersuch. uber die Zellkerne der Thallophyten (*Verhandlungen des natur-historischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens*, 1880)

(4) Hartog. Recherches sur la structure des Saprolégniées (*Comptes rendus, Ac. sc.* T. CVIII, 1889).

(5) P.-A. Dangeard. Recherches histologiques. Loc. cit. p. 101-111.

(6) Humphrey. The Saprolegniaceæ of the United States (*Transactions of the American Philosop. Society*. Vol. XVII).

Humphrey a vu un ou deux noyaux. La question reste à résoudre : si l'on admet la formation de noyaux composés, s'unissant en un seul dans les oosphères, doit-on identifier ce noyau unique avec le gros corpuscule central oléagineux ? Il est nécessaire alors de suivre la division de ce corpuscule au moment de la germination ; or, nous avons établi que ce globule central abandonne son huile au moment de la germination et se trouve ainsi remplacé naturellement par une vacuole.

En résumé, chez les champignons oomycètes, à articles plurinucléées, qui forment la très grande majorité, les organes sexuels, mâle et femelle, qui se trouvent en présence possèdent un assez grand nombre de noyaux : c'est là le seul point définitivement acquis. On peut toutefois penser que, parmi ces noyaux, le plus grand nombre est destiné à un rôle purement végétatif ; leur substance est utilisée pour la formation des membranes ou la production des réserves ; les autres, réduits peut-être dans quelques cas à un seul noyau mâle et à un seul noyau femelle, se fusionnent pour constituer le noyau sexuel unique, duquel proviendront, au moment de la germination, les nombreux noyaux destinés aux zoospores ou au jeune thalle.

Nous arrivons maintenant à l'étude des champignons dans lesquels la sexualité n'a pas été rencontrée : ce sont les Basidiomycètes, les Ascomycètes, les Urédinées, les Ustilaginées ; après de nombreux insuccès, on a fini par admettre à peu près généralement que ces champignons étaient dépourvus de reproduction sexuelle ; rappelons brièvement quelques-uns des travaux qui, de temps à autre, ont fait entrevoir au moins l'idée d'une solution partielle de ce difficile problème ; les plus anciens, dépourvus d'intérêt, sont cités par de Bary (1).

(1) A. de Bary. De la génération sexuelle dans les Champignons (*Annales sc. nat.*, *Bot.*, Ve série, T. V, 1866).

En 1875, Max Rees annonce qu'il a découvert, en cultivant le mycélium du *Coprinus stercorarius*, des éléments mâles en forme de bâtonnets, destinés à féconder d'autres organes en forme d'ampoules, représentant les éléments femelles (1). Cette opinion est d'abord adoptée et étendue par Van Tieghem (2); mais ces observations reçoivent bientôt une autre interprétation (3).

Le groupe des Ascomycètes a donné lieu à un beaucoup plus grand nombre de travaux pour ou contre l'existence d'une reproduction sexuelle au moyen d'anthéridies et d'oogones. En 1863, de Bary (4) annonçait la découverte d'organes copulateurs chez les Ascomycètes, et ces idées devenaient classiques avec la publication de son ouvrage sur la morphologie et la physiologie des Champignons (5); il considère spécialement le développement des asques dans les *Erysiphe*, les *Eurotium* et le *Pyronema confluens*. Le mémoire de Woronine, consacré à l'étude de la structure et du développement de l'*Ascobolus pulcherrimus* (6), indique les premiers états du développement de la cupule : on y rencontre un corps vermiforme, composé d'une rangée de cellules courtes, à diamètre supérieur à celui du mycélium ; d'autres filaments émettent des ramuscules ou pollinodes qui viennent s'appliquer sur le corps vermiforme. Tulasne constate la présence de ce corps ver-

(1) Max Rees. Ueber den Befruchtungsvorgang bei den Basidiomyceten (*Sitzungsberichte der physik med. societ. in Erlangen*, Heft VII, 1875).

(2) Van Tieghen. Sur la fécondation des Basidiomycètes (*Comptes rendus, Acad. sc.*, 8 février 1875).

(3) Van Tieghem. Sur le développement du fruit des Coprins et la prétendue sexualité des Basidiomycètes (*Comptes rendus Acad. sc.*, 15 novembre 1875).

(4) De Bary. Fruchtentw. d. Ascomyceten, Leipzig, 1863.

(5) De Bary. *Morphologie und physiologie der Pilze, Flechten, und Myxomyceten*, Leipzig, 1866.

(6) De Bary et Woronine. *Beitrage Z. Morphol. und Physiol. d. Pilze*, Heft II.

miforme qu'il désigne du nom de scolécite, dans l'*Ascobolus furfuraceus* et dans le *Peziza melanloma* (1), sans toutefois y voir un phénomène de copulation certain et constant ; par contre, il regarde comme une véritable conjugaison celle qui se produit entre les *macrocystes* et les *paracystes* du *Pyronema confluens*. De nouveaux faits sont apportés par de Janczewski (2), à l'appui de cette théorie d'une reproduction sexuelle chez les Ascomycètes ; le scolécite, sur lequel viennent s'appuyer intimement les pollinodes, est recourbé en virgule ; une de ses cellules, dite cellule ascogène, fournit un certain nombre de filaments ou hyphes ascogènes qui fournissent directement les asques.

En 1884, de Bary, utilisant les travaux d'Eidam, de Brefeld, de Stahl, de Kihlman, etc., expose dans un chapitre spécial : « Entstehung der Sporenfrucht », cette théorie de la reproduction sexuelle des Ascomycètes avec tous les développements qu'elle comporte (3).

Cette théorie a eu pour principal adversaire Van Tieghem qui, dans une série de notes, en a signalé les points faibles ; on trouvera l'indication de ces notes, ainsi qu'une réfutation complète de cette théorie, dans son *Traité général de Botanique*, 2e édition : d'après ce savant, les prétendus organes sexuels ne sont autre chose que des réservoirs nutritifs qui permettent à la plante de concentrer « en un point du thalle une réserve de substance assimilée, suffisante pour alimenter dans chaque cas particulier la formation du périthèce. Suivant l'espèce considérée et

(1) L. R. et C. Tulasne. Note sur les phénomènes de copulation que présentent quelques Champignons (*Ann. sc. nat., Bot.* Ve série, tome VI, 1866).

(2) E. de Janczewski. Recherches morphologiques sur l'*Ascobolus furfuraceus* (*An. sc. nat., Bot.* Ve série, tome XV, 1872).

(3) De Bary. *Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze*. Leipzig, 1884 (avec bibliographie complète).

suivant les conditions de nutrition où elle se trouve placée, ce réservoir nutritif se constitue d'une manière un peu différente, voilà tout (1) ». Nous dirons, dans un instant, quel est notre sentiment dans cette question.

Tulasne, qui a démontré que les spermogonies sont des organes particuliers des Ascomycètes, des Urédinées, etc., supposait que les spermaties correspondaient aux anthérozoïdes, représentaient des éléments mâles : il n'y a plus lieu de s'arrêter à cette supposition, depuis que l'on connaît la germination de ces corpuscules.

Dans les Ustilaginées, les sporidies produites par le promycélium contractent fréquemment des anastomoses. De Bary voyait là une véritable copulation, un processus sexuel caractérisé (2) ; Brefeld considère cette anastomose comme étant d'ordre exclusivement végétatif (3), et son opinion est généralement partagée.

Puisque tous les efforts des observateurs en vue de découvrir dans ces champignons une reproduction sexuelle caractérisée *morphologiquement* sont restés vains, il faut changer les méthodes d'investigation.

L'idée conductrice est celle-ci : dans un être dont les cellules ne possèdent qu'un seul noyau, il existe une cellule renfermant le noyau mâle et une cellule renfermant le noyau femelle : l'appareil sexuel est alors nécessairement différencié : c'est le cas des *Volvox*, des *Chlamydomonas*, des Conjuguées, des Œdogoniées, du *Basidiobolus* : mais la différenciation morphologique peut être réduite à sa plus simple expression, comme dans le *Spirogyra quadrata* où ce sont deux cellules contiguës du même filament qui mélangent leurs protoplasmas et unissent leurs noyaux.

(1) Van Tieghem. *Traité général de Botanique*, 2e édition, p. 1132.

(2) Consulter De Bary, *Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze* .. p. 195-199.

(3) Brefeld. *Botanische Unterschungen über Hefenpilze*, V Heft, *Die Brandpilze*, I, 1883.

Ce dernier cas est éminemment suggestif; supposons que le filament de ce *Spirogyra* soit dépourvu de cloisons ; il ressemblera à un filament mycélien de champignon ; dans ce filament, il existera de nombreux noyaux mélangés dont les uns seront des noyaux végétatifs, alors que les autres seront des noyaux sexuels : pour saisir la sexualité, nous n'aurons d'autre ressource que de constater la fusion des noyaux sexuels. Il se formera donc à l'intérieur du filament un certain nombre de *spores* que nous reconnaîtrons pour des œufs à ce caractère de la fusion ; nous aurons encore la ressource, afin d'appuyer cette première observation, de chercher si ces spores se conduisent comme des *œufs* par comparaison avec ce qui a lieu dans les oospores formées avec différenciation morphologique.

S'il en est ainsi, nous devons, dans tous les groupes où la reproduction sexuelle est encore inconnue, rechercher avec soin, dans tout le développement, le moment où il se produit une fusion de noyaux et étudier d'une façon particulière l'organe où s'opère cette fusion. Il est vrai que cette recherche n'est pas sans difficultés puisqu'il faut arriver à connaître la structure intime de l'organisme étudié à divers moments et dans tout son développement.

C'est donc une série de recherches histologiques qui devait mettre en évidence ce mode de fécondation sans différenciation morphologique des éléments sexuels : c'est ce qui a eu lieu, en effet.

Ainsi, en collaboration avec un de nos élèves, Sappin-Trouffy, nous avons signalé l'existence d'une fusion de noyaux dans les Urédinées : elle se produit dans les écidiospores et dans les téleutospores (1). Quelle est de ces deux fusions de noyaux celle qui remplit les conditions

(1) P.-A. Dangeard et Sappin-Trouffy. Une pseudo-fécondation chez les Urédinées (*Comptes rendus, Acad. des sc.*, février 1893).

d'une véritable fécondation ? c'est à ce moment qu'intervient la nécessité de considérer la nature de l'organe dans lequel s'est opérée la fusion.

Or, prenons un *œuf* de *Clamydomonas*, par exemple, nous voyons que le noyau de l'oospore ne donne pas directement celui de la nouvelle plante ; il subit un nombre de bipartitions déterminé qui ici donne naissance à quatre nouveaux noyaux, qui sont ceux des nouvelles zoospores : dans un *Volvox*, le noyau fournira un nombre plus grand de bipartitions pour la nouvelle colonie : dans les *Closterium* et les *Cosmarium*, le nombre des bipartitions est également déterminé ; et, si nous appelons du nom général *d'embryon*, la nouvelle plante provenant de la germination de l'œuf, nous constatons que pour arriver à ce stade, le noyau de l'œuf subit toujours un nombre déterminé de divisions.

Revenons maintenant aux Urédinées : l'écidiospore germe immédiatement en un nouveau tube végétatif ; ce ne sont pas là les caractères d'un œuf, et nous ne considérerons pas la fusion des noyaux qui s'y produit comme une véritable fécondation, bien que Vuillemin, à la suite de notre Note à l'Académie des sciences, ait donné à ce sujet des aperçus plus ingénieux que solides (1). Mais si nous considérons la téleutospore, il n'en est plus de même ; en effet, ici chaque cellule de la téleutospore, s'il en existe plusieurs, se comporte comme une véritable oospore : son noyau va subir dans le promycélium un nombre *déterminé* de divisions ; il y aura ainsi quatre nouveaux noyaux dont chacun passera dans une sporidie, *point de départ* d'une plante nouvelle (2) ; la sporidie, c'est l'embryon et, ce qui est remarquable, c'est que la pluralité des noyaux

(1) Vuillemin. Sur la fécondation des Pucciniées (*Comptes rendus, Acad. Sciences*, nº 25, juin 1893).

(2) Sappin-Trouffy. La pseudofécondation chez les Urédinées et les phénomènes qui s'y rattachent (*Le Botaniste*, 3e *série*, 5e *fascicule*, 1893).

va s'y montrer immédiatement, comme elle existe dans tout le système végétatif. Ajoutons que chaque oospore a sa membrane distincte du filament, de sorte que celui-ci, en réalité, est un véritable oogone.

Laissant M. Sappin-Trouffy étudier en détail la famille des Urédinées, nous avons dirigé nos observations du côté des Ustilaginées, dans l'espoir d'y rencontrer également la reproduction sexuelle : voici comment nous avons résumé les résultats obtenus, dans une Note à l'Académie des sciences (1).

« Les phénomènes de fécondation ne sont connus que dans un nombre relativement restreint de Champignons ; beaucoup de familles, après avoir lassé la patience des observateurs, ont été considérées comme entièrement dépourvues de toute sexualité.

« Nos études d'ensemble sur l'histologie des Champignons nous ont mis sur la voie qui conduira, pensons-nous, à une solution générale et définitive de la question ; déjà, en collaboration avec un de nos élèves, M. Sappin-Trouffy, nous avons signalé l'existence d'une fécondation chez les Urédinées. Dans la présente Note, nous indiquerons les résultats obtenus en ce qui concerne les Ustilaginées, à la suite d'une étude histologique de cette famille.

« Les noyaux, très petits, ne se laissent fréquemment définir que sous l'aspect d'une simple tache chromatique ; dans les cas les plus favorables, on y distingue une membrane d'enveloppe et un nucléole. La fécondation s'opère dans les cellules qui, jusqu'ici, ont été considérées comme spores et qui sont en réalité des oogones produisant des oospores ; en effet, dans chaque cellule renflée au début, on trouve deux noyaux qui se comportent l'un comme noyau mâle, l'autre comme noyau femelle ; le pro-

(1) P.-A. Dangeard. La reproduction sexuelle des Ustilaginées (*Comptes rendus*, *Acad. sci.*, n° 15, 9 octobre 1893).

toplasma de la cellule se condense, les deux noyaux se rapprochent au contact et se fusionnent en un seul noyau central ; la surface du protoplasma condensé s'est recouverte en même temps d'une double membrane dont l'externe présente fréquemment des ornements qui varient avec les genres et les espèces : la cellule renflée primitive correspond à l'oogone et la spore qu'elle contient est une oospore, ce qui rappelle d'assez près ce qui a lieu dans un *Pythium* ou un *Leptomitus*. La condensation du protoplasma qui accompagne la fécondation, étant en général très faible, la membrane de l'oospore se trouve presque au contact de la paroi de l'oogone ; de là vient l'erreur qui a conduit à considérer jusqu'ici ces organes comme de simples cellules renflées en spores. A ceux qui voudront vérifier nos observations, nous conseillons de choisir de préférence l'*Ustilago receptaculorum* Fries, espèce dans laquelle oogone et oosphère se laissent facilement différencier à cause de leurs dimensions (13 μ-17 μ).

« Afin de pouvoir généraliser, il nous était nécessaire d'établir l'existence des mêmes phénomènes dans plusieurs genres et espèces. Tout d'abord, nous l'avons fait pour l'*Ustilago violacea* Pers., où la petitesse des spores (7 μ) rend l'observation très difficile ; ensuite, nous avons constaté l'existence de deux noyaux, leur fusion dans les oospores du *Doassansia Alismatis* Cornu. Un troisième genre, le genre *Entyloma*, a été également étudié et il a fourni les mêmes résultats. Nous pouvons donc affirmer que les Ustilaginées ont une reproduction sexuelle.

« Que devient le noyau unique de l'oospore à la germination ?

« Pour résoudre cette question, nous avons établi de nombreuses cultures d'oospores appartenant à l'*Urocystis Violae* Sow., et au *Tilletia Caries* Tul. A la germination, dans la première espèce, le noyau de l'oospore passe dans le promycèle ; ce dernier forme à son sommet huit sporidies ;

pendant que ces sporidies s'allongent et se caractérisent, le noyau subit trois bipartitions successives. Chaque sporidie reçoit un de ces noyaux ; elles peuvent à leur tour former d'autres sporidies qui leur sont reliées par un fin pédicelle. Ces sporidies secondaires ont en général deux noyaux. Les choses se passent de la même façon dans le *Tilletia Caries* avec des sporidies filamenteuses et les anastomoses qui les réunissent fréquemment n'ont aucun rôle sexuel à remplir.

« En résumé, si l'on se reporte à la division provisoire des Champignons en six ordres : Myxomycètes, Oomycètes, Urédinées, Ustilaginées, Basidiomycètes, Ascomycètes, on voit que la reproduction sexuelle n'était connue que chez les Oomycètes : elle l'est maintenant chez les Urédinées et les Ustilaginées. Nous sommes fondé à croire que les Basidiomycètes et les Ascomycètes ne tarderont guère à livrer leur secret. »

En effet, il devient permis de raisonner par analogie en ce qui concerne ces deux derniers ordres et de se demander à quel endroit du développement se produit la fécondation.

1° *Basidiomycètes*. Le promycèle d'une téleutospore d'Urédinée ou d'une oospore d'Ustilaginée rappelle étroitement les basides ; dans les basides, un noyau unique subit un *nombre déterminé* de bipartitions et chaque nouveau noyau passe dans une spore : je pense que ces spores représentent l'embryon, que le noyau de la baside est un noyau sexuel qui provient de la fusion d'un noyau mâle et d'un noyau femelle ; la baside serait un œuf à germination immédiate, et ce qui est à remarquer c'est que Rosen (1), sans se douter nullement de l'importance du fait ni de sa signification, regarde comme très probable l'existence de cette

(1) Rosen. Studien über die kerne und die membranbildung bei Myxomyceten und Pilze (*Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, Bd. V).

fusion, et que Wager (1) a vu la fusion de deux noyaux se produire dans les jeunes basides d'*Agaricus Stercorarius*. Nous n'avons pas encore eu le loisir d'établir la certitude de la chose ; nous nous proposons d'achever, sitôt que nous le pourrons, les observations commencées.

2° *Ascomycètes*. Le même raisonnement nous conduit pour ce groupe à considérer le noyau de l'asque comme un noyau sexuel provenant de la fusion d'un noyau mâle et d'un noyau femelle ; il subit, en effet, un nombre déterminé de divisions pour arriver à fournir le noyau du nouvel individu, de la spore, qui équivaut pour nous à l'*embryon* tel que nous l'avons défini précédemment. Ajoutons qu'au moins pour les cas simples comme celui de l'*Eremascus albus*, de l'*Erysiphe*, la théorie de de Bary contient peut-être une indication de la direction suivie par les noyaux, mâle et femelle, pour arriver dans l'asque. Quoi qu'il en soit, c'est aux recherches histologiques qu'il appartient maintenant de fixer la présence ou l'absence de fécondation.

Si ces vues reçoivent confirmation, nous en aurons fini avec cette question de la sexualité des Champignons qui menaçait de s'éterniser : nous aurons en même temps un guide pour la recherche de la fécondation dans les groupes soit végétaux, soit animaux, encore nombreux où elle est inconnue.

(1) Wager. On the Nuclei of the Hymenomycetes (*Annals of Botany*, vol. VI, 1892).

CHAPITRE II

RECHERCHES HISTOLOGIQUES SUR LA FAMILLE DES USTILAGINÉES

Les recherches histologiques sur la famille des Ustilaginées sont bien peu nombreuses : en consultant le résumé fourni tout récemment par Zimmermann (1), on voit que Schmitz a constaté la présence de plusieurs noyaux dans les cellules du mycélium qui va fournir les spores dans l'*Ustilago longissima* (2) ; ces cellules se divisent en cellules filles à un seul noyau dont chacune va fournir une spore. Fisch est arrivé à des résultats analogues (3). Enfin Mœller a constaté que les cellules des Ustilaginées qui bourgeonnent comme les Levures ne possèdent qu'un seul noyau (4).

Nous avons donc devant nous un vaste champ d'exploration et si nous avons laissé des lacunes, nous avons du moins réuni un grand nombre d'observations propres à faciliter les recherches ultérieures et à mieux faire connaître la famille.

Les matériaux d'étude ont tous été fixés à l'alcool absolu ;

(1) Zimmermann. Sammel-Referate aus dem Gesammtgebiete der Zellenlehre (*Beihefte zum Botanischen Centralblatt*, Heft 6, Bd. III, Cassel, 1893).

(2) Schmitz. Untersuchungen über die Zellkerne der Thallophyten. Loc. cit.

(3) Fisch. Ueber das Verhalten der Zellkerne. Loc. cit.

(4) Mœller. Ueber den Zellkern und die sporen der Hefe (*Centralblatt fur Bactériologie und Parasiten kunde*, Bd. XII, 1892).

comme réactifs colorants, nous avons employé l'hématoxyline en cristaux, quelquefois l'hématoxyline de Böhmer et celle de Grenacher ; pour ces deux derniers réactifs, il y a quelquefois utilité à les mélanger à du phénol ; le picro-carmin a ses avantages dans certains cas à déterminer. Il en est de même de l'eau anilinée colorée au moyen d'une solution de fuchsine, de bleu de méthylène, etc., avec ou sans application de la méthode de Gram. Je dois ajouter qu'en général, c'est encore l'hématoxyline en cristaux avec décoloration à l'eau alunée, s'il y a lieu, qui m'a fourni les meilleurs résultats. Enfin les sections de tissus ont été faites au microtome, le plus souvent après inclusion dans le collodion; les méthodes de double coloration sont quelquefois indispensables.

Ces recherches ont porté sur les genres *Ustilago*, *Doassansia*, *Entyloma*, *Urocystis*, *Tilletia*.

GENRE USTILAGO.

Les *Ustilago* sont caractérisés d'après Plowright par des téleutospores simples, produites à l'intérieur d'hyphes renflées et gélatinisées ; elles forment, lorsqu'elles sont mûres, une masse pulvérulente. La germination se fait par un promycèle cloisonné qui produit des sporidies terminales ou latérales, quelquefois les deux (1).

Trois espèces ont été étudiées :

1° Ustilago Tragopogi Pers.

(Pl. XX, fig. 1-12.)

On rencontre abondamment cette espèce sur les capitules de *Tragopogon pratensis* et *orientalis* : le mode de

(1) Plowright. A Monograph of the british Uredineæ and Ustilagineæ, London, 1889. — Fischer von Waldeim (*Ann. sc. nat.*, *Bot.* 6ᵉ série, tome IV).

formation des spores a été indiqué par de Bary (1) ; en 1854, Tulasne a obtenu la germination des spores (2) et il signale les anastomoses qui se produisent entre les sporidies : cette germination a été suivie un peu plus loin par Brefeld, dans un milieu nutritif (3). Nous étudierons ce parasite dans sa structure et dans ses rapports avec la plante attaquée. Il est nécessaire de prendre de très jeunes capitules pour observer les débuts : le parasite fructifie abondamment d'une part entre les fleurons, d'autre part entre chaque pièce des fleurons. Les fleurons sont profondément modifiés : ils ne dépassent guère un ou deux centimètres de hauteur ; ils sont plus ou moins réunis par les masses sporifères du parasite. Si on les dégage de cette poussière de spores, on voit que la corolle est restée tubuliforme ; mais une section transversale permet de se rendre compte, qu'en réalité, on a affaire au type liguliforme (fig. 3) ; à l'intérieur du fleuron, se trouve l'ovaire atrophié, se continuant par un style court, terminé par deux longues branches stigmatiques couvertes de poils ; la longueur de ces branches stigmatiques égale et dépasse même la longueur totale de l'ovaire et du style ; nous n'avons rencontré à l'intérieur de l'ovaire aucune trace d'ovule, ni même de cavité ovarienne ; dans quelques cas, nous avons vu le tissu conducteur du style rempli par le mycélium du parasite (fig. 5). Ainsi donc, l'action du parasite a pour premier effet d'*atrophier* l'ovaire et l'élongation du style, consécutive de la fécondation, ne se produit point.

Le *mycélium* de l'*Ustilago* se répand dans les espaces intercellulaires de l'ovaire et de la corolle ; mais les

(1) De Bary. *Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze*, p. 189.

(2) Tulasne. Second Mémoire sur les Ustilaginées et les Urédinées (*Ann. sc. nat. Bot.*, 4e série, tome II).

(3) Brefeld. Botanische Untersuchungen über Hefenpilze, V. Heft, *Die Brandpilze*, p. 81-82.

masses sporifères se montrent entre ces deux organes : elles sont plus abondantes encore à la surface des fleurons (fig. 3) ; elles sont constituées au début par des filaments qui s'entre-croisent (fig. 4).

Les jeunes étamines peuvent, malgré la présence de l'*Ustilago*, développer normalement leurs grains de pollen (fig. 1) ; dans la file unique de cellules mères qui occupe l'axe de l'anthère, la division en quatre grains de pollen se produit ; c'est au moment où ils s'isolent au milieu du plasma provenant de la destruction de l'assise interne, que nous avons observé les filaments mycéliens de l'*Ustilago* (fig. 2) ; il se nourrit, lui aussi, des débris de cette assise et s'y développe.

Au moment de la formation des spores, les filaments mycéliens se cloisonnent en nombreuses cellules terminales, en ampoule (fig. 6); chacune de ces cellules renferme du protoplasma limitant une vacuole centrale plus ou moins grande ; dans le protoplasma, on trouve deux noyaux dont l'un va jouer le rôle de noyau mâle et le second le rôle de noyau femelle. En effet, tandis que la membrane de la cellule s'épaissit et devient gélatineuse, tout en conservant son contour externe distinct, les deux noyaux se rapprochent au contact et se fusionnent en un seul (fig. 7, 9, 10). En même temps que la fécondation s'opère, le protoplasma qui a subi une légère condensation, s'entoure d'une membrane propre (fig. 8, 10, B) ; cette membrane est d'abord lisse, elle montre ensuite le réseau d'épaississement que nous retrouverons sur l'oospore mûre. La jeune oospore grossit, atteint ses dimensions définitives et, à ce moment, il ne reste plus trace de la membrane de la cellule qui lui a donné naissance (fig. 11) ; à maturité, la paroi de l'oospore se divise en deux couches : l'endospore et l'exospore, celle-ci présentant des épaississements réticulés. Le noyau sexuel occupe le centre ; il est nucléolé et limité par une membrane

nucléaire : ce noyau est relié à la couche pariétale de protoplasma par des trabécules ; il se rapproche de la paroi au moment de la germination.

En résumé, chaque cellule est un oogone renfermant un noyau mâle et un noyau femelle ; dans cet oogone, il se produit une oospore provenant de la fusion des deux noyaux et du protoplasma qui les accompagnent. Cette oospore avec son noyau sexuel va se comporter, à la germination, comme les zygospores des Conjuguées, comme l'œuf des *Chlamydomonas* en donnant naissance à un certain nombre de plantes nouvelles que je qualifie du terme général d'embryons.

Nous allons examiner maintenant cette germination que nous verrons beaucoup plus en détail dans l'*Ustilago carbo* ; elle se fait très simplement : le noyau unique de l'oospore passe dans le promycèle et là, se divise en deux (fig. 12), puis en quatre ; le promycèle se divise lui-même en quatre cellules qui produisent chacune une sporidie dans laquelle passe un noyau (fig. 12) ; cette sporidie est l'embryon qui donnera la nouvelle plante.

2° **Ustilago carbo** Tul.

(Pl. XX, fig. 13-21.)

Cette espèce qui cause chez les céréales la maladie connue sous le nom de charbon, a été étudiée par Tulasne (1), Kühn (2), Fischer von Waldheim (3), Wolf (4). Brefeld a fait une étude très complète de la germination des oospores (5).

(1) Tulasne. Mémoire sur les Ustilaginées comparées aux Urédinées (*Ann. sc. nat. Bot.*, 3e série, tome VII, 1847).

(2) Kühn. Krankheiten der Culturgewachse, Berlin, 1858.

(3) Fischer von Waldheim. Beiträge zur Biologie und Entwicklungsgeschichter der Ustilagineen (*Jahrbucher*, Bd. 7, 1869-70).

(4) Wolff Brand des Getreides, Halle, 1874.

(5) Brefeld. *Die Brandpilze*. Loc. cit. p. 54.

Nous ne nous occuperons que de la structure histologique de ces germinations qui a été complètement négligée ; les cultures d'oospores que nous avons faites, provenaient d'un épi d'avoine : ces spores ont été simplement semées à la surface de cuvettes remplies d'eau. Au bout du premier jour, on observe déjà quelques germinations ; nous les avons suivies ainsi pendant cinq à six semaines, fixant ces germinations à tous les stades au moyen de l'alcool absolu.

Les oospores, dans ces cultures, commencent par augmenter beaucoup de volume ; leur surface, quelquefois lisse, était le plus souvent recouverte de petites verrues. Nous avons fréquemment rencontré des oospores dans lesquelles l'endospore se trouvait à nu sur toute une moitié de la surface, l'exospore n'ayant pu suivre l'augmentation de volume précédant la germination. Au centre se trouve un noyau nucléolé (fig. 13) : il se trouve entouré par du protoplasma qui le relie à la couche pariétale par des trabécules limitant quelques vacuoles ; le début du promycélium est un tube étroit qui ne renferme que du protoplasma, le noyau étant resté dans la spore (fig. 14). Ce noyau passe ensuite dans le tube et commence à s'y diviser une première fois (fig. 14) ; la première bipartition peut commencer dans la spore. Le promycèle s'allonge sans se ramifier ; alors, des deux premiers noyaux, c'est celui du bas qui commence le premier à se diviser ; c'est ainsi que l'on rencontre souvent des promycèles à trois noyaux (fig. 16). Pendant que le noyau du haut se divise à son tour, une cloison commence à se former en bas (fig. 17), séparant les deux noyaux inférieurs; puis une seconde cloison se produira au-dessus vers la moitié du promycèle, et enfin une dernière séparera les deux noyaux supérieurs. On aura ainsi un promycèle normal divisé en quatre cellules dont chacune renferme un noyau : si, par exception, le noyau ne se divise qu'une fois, le promycèle n'aura

que deux cellules ; si le noyau du haut ne subit pas de bipartition, le promycèle présentera seulement trois cellules.

Dans nos cultures, cependant très nombreuses, les promycèles n'ont donné que fort peu de sporidies : c'est là d'ailleurs un caractère de l'espèce ; ces sporidies sont petites (fig. 21) ; elles débutent par un petit bourgeon dépourvu de noyau ; le noyau de la cellule n'y pénètre que plus tard, après ou sans bipartition préalable.

Après huit jours de culture, les germinations avaient changé d'aspect dans plusieurs de nos cuvettes : ainsi, dans les promycèles, les cellules étaient rétrécies dans leur partie médiane et remplies à leurs deux extrémités ; à chacune de ces extrémités, se trouvait un globule sphérique réfringent, d'aspect oléagineux (fig. 18) ; ces globules n'étaient séparés de la paroi que par une couche mince de protoplasma finement granuleux ; les cellules ainsi constituées peuvent s'isoler. Nous avons recherché quelle était leur structure, mais, dans ce cas particulier, les colorations se font beaucoup plus difficilement ; on arrive cependant à mettre hors de doute la présence d'un seul noyau dans ces cellules ; il se trouve situé entre les deux globules oléagineux, dans la couche de protoplasma granuleux qui les sépare (fig. 19) ; ces cellules du promycèle ont subi une sorte d'enkystement qui leur permet de rester à l'état de vie latente pendant que les conditions du milieu sont défavorables à leur développement.

Les cellules du promycèle peuvent se développer directement en filament germinatif ou en sporidies : Brefeld a indiqué avec détails comment se comportent ces filaments germinatifs qui fréquemment contractent des anastomoses ; il a obtenu, dans des milieux nutritifs, un bourgeonnement des sporidies analogue à celui des Levures (1).

(1) Brefeld. Loc. cit.

3° Ustilago violacea Pers.

(Pl. XXI, fig. 1-11.)

Cette espèce se rencontre sur diverses Caryophyllées (*Silene, Cerastium, Stellaria, Lychnis*) ; elle a été étudiée par un grand nombre d'observateurs à divers points de vue. La germination des spores y a été observée pour la première fois par Tulasne (1) et ses observations ont été complétées par Fischer von Waldheim (2), Schroeter (3), et surtout par Brefeld (4). Ce savant a suivi avec détails la formation d'un promycélium cloisonné le plus souvent en deux ou trois cellules, la formation des sporidies, leur bourgeonnement à la manière des Levures dans un milieu nutritif ; il a signalé et décrit les anastomoses qui se produisent entre les sporidies ou entre les cellules des promycèles ; ces promycèles se détachent en général de bonne heure de la spore.

L'action du parasite a été plus particulièrement étudiée par Vuillemin (5) qui rappelle tout d'abord que Tulasne, miss Becker, Cornu, Hoffmann, Giard, Magnin signalent le fait que les fleurs femelles de *Lychnis dioica*, envahies par cet *Ustilago*, prennent l'apparence de fleurs hermaprodites.

Vuillemin constate que la castration est réelle, car le développement du pistil se trouve arrêté à une longueur de 5 à 6 mm. ; sur l'androcée, l'action est inverse ; les ru-

(1) Tulasne. Mémoire sur les Ustilaginées comparées aux Urédinées (*Ann. sc. nat. Bot.*, 3e série, Tome VII).

(2) Fischer von Waldheim. Beiträge zur Biologie und Entwicklungsges der Ustilagineen (*Jarhrbücher*. Bd. 7, 1869-70).

(3) Schroeter. Beobachtungen über einige Ustilagineen (*Beiträge zur Biologie*, Bd. II, Heft III).

(4) Brefeld. Loc. cit. p. 36.

(5) Vuillemin. Sur les effets du parasitisme de l'*Ustilago antherarum* (*Comptes rendus, Acad. sc.*, 1891).

diments d'androcée qui existent normalement dans les fleurs femelles s'hypertrophient; le mycélium s'entortille et forme finalement quatre pelotons sporogènes dans le sac pollinique, le parasite détruit les cellules destinées à évoluer en pollen : il y substitue des spores qui sont mises en liberté par une déhiscence normale des sacs polliniques. Nous ne pouvons que constater l'exactitude des observations de Vuillemin ; nous les compléterons sur plusieurs points avec figures à l'appui.

Il faut choisir de très jeunes étamines pour prendre le développement de l'*Ustilago* à ses débuts (fig. 1) ; on trouve alors dans la masse de parenchyme non différencié qui constitue le tissu de l'anthère, les traces d'un mycélium intercellulaire : ce mycélium est d'abord peu abondant (fig. 2) et localisé aux angles ; plus tard, il finit par entourer complètement les cellules qui occupent le centre de l'anthère (fig. 3, M). Dès lors, ce mycélium va se développer de plus en plus autour des cellules, rétrécissant leur cavité ; finalement, le mycélium prend complètement leur place et remplace les cellules mères des grains de pollen. Il se fait ainsi, au centre de l'anthère, une masse sporifère qui pendant quelque temps montre encore çà et là des amas se colorant fortement par l'hématoxyline ; c'est tout ce qui reste des cellules et de leurs noyaux (fig. 4, A). Les filaments mycéliens de l'*Ustilago* ont leur membrane épaisse et gélatineuse ; ils forment un nombre de pelotons indéterminés, ce qui est dû à leur mode même de formation au sein de l'anthère. Il nous a été impossible à ce stade d'apercevoir les noyaux : ce n'est qu'au moment où ces filaments se cloisonnent en cellules que nous avons pu voir et encore très difficilement deux noyaux dans chacun des articles (fig. 8) ; d'après ce que nous avons décrit dans l'*Ustilago Tragopogi*, nous sommes autorisé à admettre que ces noyaux se fusionnent en un seul pour former le noyau unique des oospores (fig. 9) ; celles-ci prennent naissance

à l'intérieur des cellules de la masse sporifère ; l'exospore réticulée se formant très près de la membrane de l'oogone, la formation endogène des oospores est beaucoup moins nette que dans l'*Ustilago receptaculorum.*

Les spores occupent en quantité considérable les quatre sacs polliniques de l'anthère (fig. 6) et elles sont mises en liberté par une déhiscence normale, tout comme le seraient les véritables grains de pollen (fig. 7, S). On voit dans cette dernière figure, sous l'épiderme, l'assise à épaississements spiralés, dont les cellules ont encore leurs noyaux pour la plupart ; l'assise sous-jacente a été écrasée, aplatie et finalement a disparu ; enfin, on voit des filaments mycéliens qui partent de la masse sporifère et qui se rendent jusque sous l'épiderme et jusqu'au voisinage du faisceau ; l'un d'eux a été représenté (fig. 5).

Lorsque ces spores ont été semées sur l'eau, il devient facile de déterminer leur structure intime ; nous avons obtenu de très belles préparations montrant à l'intérieur de chaque spore un noyau central relativement assez gros; il est limité par une membrane nucléaire et au centre se trouve un nucléole, fortement coloré par les réactifs (fig. 9) ; selon les spores, le protoplasma environnant se colore fortement ou reste au contraire faiblement coloré ; l'endospore est mince et l'exospore est réticulée, ce qui est dû à des lignes d'épaississement en forme de crêtes.

Un grand nombre de ces spores montraient dans nos préparations un commencement de germination ; l'oospore se vide dans un promycèle claviforme ; le noyau ne passe qu'assez tard dans le filament et il s'y divise ; la plupart des promycèles étaient à cet état et renfermaient deux noyaux ; les plus jeunes n'en possédaient qu'un seul (fig. 10-11). Quelques-uns, assez rares du reste, étaient divisés en trois ou quatre cellules qui renfermaient chacune un noyau ; nous n'avons pas suivi le passage de ces noyaux dans les sporidies.

On remarquera l'augmentation énorme que subit le volume de l'oospore, à partir du moment où elle s'organise dans les oogones, en comparant les fig. 8 et 9 qui ont été dessinées à la chambre claire au même grossissement (2,0 mm. de Zeiss).

GENRE DOASSANSIA Cornu.

Mycélium formé de tubes grêles, cloisonnés ; sores entourés de cellules stériles disposées en une seule assise autour des cellules fertiles ; le promycèle produit à son sommet une touffe de sporidies qui peuvent s'unir par des anastomoses (*D. sagittariæ*). Ce genre comprend deux espèces : *D. alismatis*, *D. sagittariæ* ; nous étudierons la première.

Doassansia alismatis Ness (Cornu).

(Pl. XXI, fig. 12-14.)

Cette espèce a été décrite par Maxime Cornu qui en a fait le type du genre (1). On la rencontre sur les feuilles de l'*Alisma Plantago*, à la surface desquelles elle détermine des taches, couvertes de pustules brunes ; ces pustules représentent les fructifications du parasite et on peut les désigner du nom de sores. Il est facile, au moyen de sections de feuilles à l'endroit des taches, de reconnaître la dispersion des sores dans le mésophylle ; ils se développent en général, comme l'a reconnu Maxime Cornu, au-dessous d'un stomate dans la chambre stomatique ; mais ils peuvent aussi se former à un niveau quelconque du mésophylle, dans un espace intercellulaire ; une section de la feuille présente donc une série de ces sores sous les deux épidermes et quelquefois il en existe d'autre dispersés

(1) Maxime Cornu. Sur quelques Ustilaginées nouvelles ou peu connues (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, Tome XV, 1883).

dans l'épaisseur du limbe ; ils ne déterminent aucune hypertrophie des tissus.

Ces sores ont une enveloppe externe formée de cellules allongées normalement à la surface, arrondies à leurs deux extrémités et colorées en brun ; ce sont des cellules stériles ; les cellules fertiles occupent l'intérieur ; elles sont ovales arrondies ou un peu polyédriques par pression réciproque ; elles sont remplies d'un contenu oléagineux « tout à fait blanc et brillant ».

La germination de ces spores a été obtenue par Maxime Cornu ; « elles germent très facilement sur l'eau en émettant un promycélium qui atteint quatre ou cinq fois au plus la longueur de la spore et qui se couronne par des conidies grêles, fusiformes, allongées, divergentes, claviformes dans leur jeunesse, mais presque effilées à leur maturité; elles peuvent germer naturellement à l'air humide (1). »

Nous allons indiquer, en suivant le développement des sores, quelle est la structure histologique du *Doassansia*. Dans toute l'étendue des taches produites par le parasite, les filaments mycéliens sont excessivement abondants dans les grandes lacunes du mésophylle ; ce sont des tubes ramifiés, très ténus, cloisonnés de loin, en loin, à diamètre peu variable ; vers le centre de la tache, les cellules du mycélium ne possèdent plus trace de noyaux : elles ne renferment plus que de l'eau ; vers les bords de la tache, où s'organisent les jeunes sores, on trouve dans chaque cellule plusieurs noyaux ; ces noyaux forment une tache chromatique dense, arrondie ou cylindrique ; dans ce dernier cas, le petit bouchon chromatique peut obstruer complètement le tube ; le protoplasma reste toujours très clair. C'est dans cette partie que l'on peut suivre la formation des jeunes sores ; ils débutent par un groupement de filaments mycéliens au milieu desquels apparaissent

(1) Max. Cornu. Loc. cit. p. 281.

des renflements ; ces renflements, au moins le plus souvent, ne sont pas intercalaires ; ce sont de courts rameaux qui se produisent sur les filaments principaux, et se renflent en vésicules ; ces vésicules représentent autant d'oogones : leur protoplasma est clair et renferme deux noyaux ; l'observation n'est pas facile, mais la fig. 12, Pl. XXI, dessinée à la chambre claire, ne peut laisser aucun doute à ce sujet ; ces noyaux, destinés à se fusionner, sont arrondis et situés à quelque distance l'un de l'autre. On comprendra notre satisfaction, lorsqu'après de nombreux essais de coloration restés infructueux, nous avons enfin réussi à bien voir ces deux noyaux, dont nous avions prévu la présence à l'intérieur de ces vésicules ; ces vésicules sont arrondies, ovales ou elliptiques ; les rameaux mycéliens continuent à produire, du centre vers l'extérieur, ces courts rameaux renflés en oogones, qui finissent par se presser les uns contre les autres en une masse compacte. Dans chacun des oogones, le noyau mâle et le noyau femelle s'unissent en un seul noyau central (fig. 13) ; le protoplasma devient dense ; il se recouvre d'une membrane propre et l'oospore se trouve formée à l'intérieur de l'oogone. Elle augmente considérablement de volume ; son protoplasma se charge de matières oléagineuses et sa membrane se divise en deux couches: l'une externe, épaisse, cutinisée, est l'exospore, l'autre interne, cellulosique, est l'endospore. Dans la masse totale du sore, la différenciation que nous signalons dans chacune des vésicules, se produit du centre vers la périphérie, selon l'ordre même de leur formation ; les vésicules extérieures du sore produites les dernières restent stériles et en constituent la couche corticale.

Il est facile de s'expliquer maintenant la structure d'un sore arrivé à maturité : extérieurement, quelques tubes mycéliens vides qui représentent le reste des filaments sporogènes ; puis vient l'assise colorée des cellules corti-

cales restées stériles ; leur protoplasma a disparu ; à l'intérieur, des cellules arrondies ou polyédriques serrées les unes contre les autres. On parvient cependant encore quelquefois à retrouver la trace des filaments sporogènes qui leur ont donné naissance (fig. 14) ; ces oospores se présentent sous deux aspects différents dans les sections traitées par les réactifs colorants ; les unes ont été atteintes par la section et le réactif colorant a pu pénétrer à leur intérieur ; le noyau est alors très visible au centre ; il est nucléolé, chargé de chromatine et recouvert d'une membrane nucléaire ; à peine observe-t-on quelques fins trabécules de protoplasma qui rayonnent vers la paroi ; tout le reste est formé d'une substance oléagineuse qui donne aux oospores vivantes leur aspect blanc et réfringent ; les autres cellules, restées intactes, n'ont pas laissé passer le colorant et à cause de l'huile qu'elles renferment, examinées en préparations dans le Baume de Canada, elles semblent vides (fig. 14).

Les matériaux dont nous nous sommes servi pour cette étude, ont été récoltés à Caen ; si nous rencontrons cette espèce aux environs de Poitiers, nous en profiterons pour étudier la manière dont se comporte le noyau dans le promycèle ; mais nous pouvons prévoir qu'il y a un nombre déterminé de bipartitions et par suite un nombre limité de sporidies, d'après ce que nous avons vu dans les *Tilletia* et les *Urocystis* qui ont un mode de germination analogue.

Fisch, étudiant le *Doassansia Sagittariæ*, a observé la formation d'anastomoses entre les sporidies et il a suivi la pénétration des filaments qu'elles émettent, dans la plante hospitalière ; ces filaments s'insinuent entre les cellules épidermiques. Il faut d'ailleurs remarquer que les oospores ne germent pas immédiatement dans cette espèce, mais seulement au printemps suivant (1).

(1) Fisch. Entwickelungsgeschichte von *Doassansia Sagittariæ*. (*Berichte d. deuts. Bot. Gesellschaft*, Bd. II, T. X, 1892).

GENRE ENTYLOMA

Le mycélium est formé par des filaments ramifiés, cloisonnés, intercellulaires, qui ne subissent pas de transformation gélatineuse ; les oospores sont intercalaires ou terminales ; le promycèle fournit à son sommet des sporidies qui s'unissent, à leur base ou à leur sommet, par des anastomoses ; elles peuvent produire des sporidies secondaires qui fournissent des filaments mycéliens très ténus. Ce genre comprend un assez grand nombre d'espèces (1) ; nous en avons eu deux à notre disposition.

Entyloma Glaucii Dang.

(Pl. XXII, fig. 1-2.)

Nous avons fourni, au sujet de cette espèce, il y a déjà quelque temps, les renseignements suivants (2) :

« A l'automne dernier, mon attention fut attirée, en examinant les *Glaucium* du Jardin botanique de Caen, par de nombreuses petites taches dispersées sur les deux faces du limbe des feuilles ; en les étudiant de plus près, je reconnus que ces taches étaient dues à la présence d'une Ustilaginée appartenant au genre *Entyloma*..... Le mycélium est d'une finesse extrême ; il forme, dans tout le mésophylle, un feutrage très dense, qui, se développant entre les cellules, les enserre et les épuise.

On trouve deux sortes d'organes de fructification : d'une part, de nombreuses spores sphériques ou ovoïdes, à paroi épaisse colorée en brun ; ces spores sont intercalaires et

(1) A. de Bary. *Protomyces microsporus* und seine Verwandten (*Bot. Zeitung*, 1874). — Plowright. Loc. cit. — Marshall Ward. On the structure and life History of *Entyloma Ranunculi* (*Philosophical Transactions*, p. 173, Pl. 10-13).

(2) P.-A. Dangeard. Sur une Ustilaginée parasite des *Glaucium* (*Bullet. Soc. Botanique de France*. 2e série, Tome XIII, 1891, p. 71-72).

le plus souvent disposées sans ordre ; d'autre part, de fines conidies, portées par un bouquet de basides qui sort, de chaque côté du limbe, par les stomates.

« En employant pour l'étude de cette espèce la technique que nous avons recommandée pour les Champignons (1), on arrive aux résultats suivants :

« Le mycélium renferme de petits noyaux espacés les uns des autres ; ces noyaux sont formés par un petit globule de chromatine sans nucléole apparent.

« Pour étudier les noyaux des spores, il faut suivre ces dernières à leurs débuts, c'est-à-dire lorsqu'elles commencent à former une petite nodosité sur le trajet de filaments mycéliens. On voit que chaque spore ne présente qu'un noyau central ou un peu excentrique ; il est entouré par du protoplasma vacuolaire ; sa grosseur augmente à mesure que la spore se développe, sans toutefois différencier, à ce qu'il semble, un nucléole dans sa masse. On retrouve ce noyau dans les spores mûres, mais beaucoup plus difficilement à cause de la coloration brune de la paroi... Les basides se pressent en touffe compacte au travers des stomates. Dans la masse mycélienne sous-stomatique, on reconnaît de nombreux petits noyaux ; on en retrouve plusieurs à la file dans chaque baside, mais chaque petite conidie n'en renferme qu'un. »

Nous allons compléter cette étude ; les tubes mycéliens ne varient que très peu en grosseur ; les cloisons sont quelquefois très espacées, comme il est facile de s'en rendre compte lorsqu'un filament traverse en ligne droite une grande lacune ; au centre de la tache, les articles sont dépourvus de noyaux et de protoplasma ; c'est là, par contre, que se trouvent les oospores mûres ; à la périphérie de la tache, les cellules renferment du protoplasma et plusieurs noyaux ; ces noyaux sont nucléolés, mais, à

(1) P.-A. Dangeard. Recherches histologiques sur les Champignons (*Le Botaniste*, 2e série, 1890).

cause de leur petitesse, il est extrêmement difficile de le voir. Si l'on examine les sections de feuille, à partir du bord de la tache vers le centre, on observe la formation des oospores à tous les stades. En général, la vésicule qui représente l'oogone, se forme à une faible distance de l'extrémité d'un rameau (fig. 1, à droite) ; ce petit prolongement dépourvu de noyau et de protoplasma persiste à la surface des oospores mûres. On doit, il me semble, considérer ces oogones comme terminaux ; à leur intérieur, on trouve deux noyaux très petits, arrondis, nucléolés ; le protoplasma de la vésicule est clair. Comme l'oogone se trouve toujours au voisinage d'autres filaments mycéliens, on pourrait soutenir que le second noyau vient d'un filament mâle et qu'ici la reproduction sexuelle est différenciée morphologiquement ; malgré mes efforts, je n'ai rien vu qui puisse permettre d'affirmer un fait semblable ; ce qui est certain, c'est que l'oogone augmente de volume ; les deux noyaux, entourés d'une couche de protoplasma, se rapprochent au contact, se fusionnent ; la fusion se produit au moment où l'on observe la formation d'une membrane propre autour de l'oospore ; cette membrane se cutinise dans sa partie externe ; l'oospore augmente de volume et sa membrane se laisse diviser en exospore lisse, brunâtre, épaisse, cutinisée, présentant des couches concentriques et en endospore. Au centre, se trouve le noyau sexuel devenu très gros, et montrant dans quelques cas, avec la plus grande netteté la structure représentée fig. 2 ; un nucléole qui paraît quelquefois composé de deux parties accolées, une membrane nucléaire à double contour et dans l'intervalle un hyaloplasme peu chargé de chromatine ; il est suspendu au milieu d'un réseau de protoplasma très fin dont les mailles se remplissent d'huile (fig. 2). Les oospores sont arrondies, ovales, elliptiques, elles sont groupées dans les espaces intercellulaires (fig. 1).

L'étude de la fécondation est relativement facile dans cette espèce ; elle rappelle de très près ce qui a lieu dans le *Doassansia* ; nous recommandons cette espèce aux observateurs qui voudront porter leur attention de ce côté. L'*Entyloma Calendulæ* Oud. a été également étudié et son développement offre les mêmes particularités.

GENRE UROCYSTIS

Les filaments du mycélium sont tantôt surtout intracellulaires (*U. Colchici*), tantôt intercellulaires; ils sont grêles, peu cloisonnés, à membrane épaisse ; au moment de la fructification, il y a formation de glomérules de spores ; celles du centre sont fertiles, les cellules périphériques étant stériles. Le promycèle produit à son sommet de deux à huit sporidies, rarement réunies par deux au moyen d'une anastomose; ces sporidies germent soit à leur base, soit plus rarement à leur sommet, en un filament qui pénètre dans la plante nourricière ; il peut aussi se produire des sporidies secondaires, tertiaires.

Nous avons récolté l'*Urocystis pompholygodes* et l'*Urocystis Violae*, et cette dernière espèce a pu être suivie dans tout son développement.

Urocystis Violae F. de W.

(Pl. XXII, fig. 3-14.)

Nous avons recueilli de beaux échantillons de cette espèce dans notre jardin, à Poitiers, sur le *Viola odorata* ; elle a été signalée aux environs de Paris, à Lille, Amiens, Vire (1) ; son développement a été indiqué par Ed. Prillieux qui a pu obtenir également la germination des

(1) Consulter E. Roze. Sur l'*Urocystis Violae* et l'*Ustilago antherarum* (*Bulletin Société Botanique de France*, 2e série, tome XII, 1890).

spores (1); cette germination n'avait été obtenue précédemment que pour deux espèces (*U. occulta* (2), *U. pompholygodes* (3).

La présence du parasite sur un pied de violette détermine des hypertrophies, des déformations, qui se rencontrent sur la tige, les rameaux, le pédoncule des fleurs, les feuilles (4); à ces endroits, le tissu se crevasse et laisse échapper les glomérules de spores de l'*Urocystis*. Si on en fait une section avant la maturité des spores, on voit que le mycélium du parasite forme de longs cordons dans les espaces intercellulaires du parenchyme : ce dernier, sous l'influence de l'irritation parasitaire, se cloisonne en tout sens, déterminant ainsi une forte hypertrophie des tissus; par place, ces cordons grossissent beaucoup; les filaments mycéliens se croisent et s'entrelacent, formant un feutrage serré ; c'est dans ce feutrage que naissent les glomérules de spores; du feutrage, partent quelques tubes mycéliens qui se dirigent du côté des cellules voisines; les uns restent dans les espaces intercellulaires, d'autres pénètrent à l'intérieur des cellules, se recourbant au voisinage du noyau (fig. 3); ce noyau est gros, nucléolé et il persiste pendant très longtemps, tout en devenant de plus en plus pauvre en substances chromatiques ; ces tubes mycéliens sont divisés par des cloisons beaucoup plus espacées que celles du feutrage en cellules à plusieurs noyaux (fig. 3); Fischer de Waldheim les désigne du nom de filaments sporogènes; leur contenu est aqueux; on les voit surtout nettement, ainsi que le mycélium végétatif, au moyen de la fuchsine et de l'eau anilinée.

(1) Ed. Prillieux. Quelques observations sur la formation et la germination des spores des *Urocystis* (*Ann. sc. nat.*, *Bot.*, 4e série, tome X, 1880).

(2) Kühn. Krankeit d. Kultur-Gewachse, 1858.

(3) Wolf. *Bot. Zeitung*, 1873.

(4) Prillieux. Loc. cit., p. 51.

La formation des glomérules présentait un double intérêt; les observations des auteurs sont en effet loin d'être concordantes, et d'un autre côté, nous avions à rechercher dans les spores l'existence d'une fécondation, rendue probable.

Nous résumerons, d'après Prillieux, les divergences d'opinion qui se sont produites au sujet de la formation des glomérules (1).

Kühn, étudiant l'*Urocystis occulta*, assure que les spores résultent de dilatations latérales vésiculeuses ; ces dilatations peuvent donner directement la spore ou se cloisonner en plusieurs spores ; les spores accessoires résulteraient d'une ramification latérale ; d'après de Bary, les cellules stériles sont formées par de courtes hyphes qui se fixent à la surface des jeunes spores.

Wolff, dans la même espèce, admet que plusieurs filaments sporogènes s'enroulent en formant peloton ; la membrane des filaments composants devient indistincte ; le peloton se recouvre alors d'une membrane qui se prolonge en lames vers l'intérieur, de manière à diviser la masse en plusieurs portions qui sont les spores ; les cellules stériles appartiendraient, selon l'opinion de Bary, à d'autres filaments du mycélium.

Winter exprime des idées un peu différentes en ce qui concerne l'*Urocystis Colchici* : il ne peut arriver à reconnaître aucune différence de structure ou de contenu, entre les cellules fertiles jeunes et les cellules stériles ; il admet néanmoins une différence initiale et essentielle ; le rameau central pour la formation des spores fertiles se gélifie de manière que les contours intérieurs du filament disparaissent dans les places où les tours sont appliqués les uns sur les autres, c'est-à-dire à l'intérieur de la spirale ; puis chaque tour se change en spore.

(1) E. Prillieux. Loc. cit. p. 59-60.

Prillieux pense que ce sont les extrémités des rameaux des filaments sporogènes qui se renflent en spores à l'intérieur des petits pelotons, formation qui rappellerait celle des *Tilletia*. Il n'a rien vu qui autorise à admettre l'existence, dans le glomérule naissant, d'un filament spiral spécial autour duquel s'enrouleraient des filaments d'une autre nature.

Il faut avouer que la question est bien difficile à résoudre ; nous avons essayé un grand nombre de méthodes de coloration ; nous avons fait des sections minces au microtome après inclusion dans le collodion et nous sommes loin d'être arrivé à une certitude absolue. Les sections des glomérules se présentent, en général, sous l'aspect de la fig. 4, A ; une masse de cellules visiblement contournées autour desquelles s'enroulent des filaments mycéliens; leur contenu se colore fortement par les réactifs, comme celui des oogones chez les *Ustilago*; leur nombre est quelquefois considérable; il est tout à fait vraisemblable qu'elles appartiennent à plusieurs filaments sporifères; elles ont un sort différent; celles du centre sont fertiles et donnent naissance à une oospore dont la membrane externe s'épaissit fortement et cutinise ses membranes de bonne heure ; les autres, celles de la périphérie, restent stériles et la nature cellulosique de leur membrane s'accuse pendant longtemps; aussi l'emploi de la fuchsine avec l'eau anilinée est-elle à recommander pour distinguer de très bonne heure les cellules fertiles des cellules stériles. On voit les cellules fertiles augmenter de volume ; leur contenu devient aqueux, et au moment où l'oospore forme sa membrane cutinisée, on peut voir un noyau central nucléolé : tous nos essais pour voir nettement les noyaux dans la cellule à un stade moins avancé sont restés infructueux; nous pensons que ces cellules renferment deux noyaux qui se fusionnent en un seul dans les cellules fertiles, pour la formation de

l'oospore; il nous est arrivé une fois de trouver l'aspect représenté fig. 4, B ; dans ce glomérule, une cellule fertile montrait encore deux noyaux. Un fait hors de doute, c'est la présence d'un seul noyau dans l'oospore : on le voit, sur des sections minces, soit au moyen de l'hématoxyline, soit avec le bleu de méthylène associé à l'eau anilinée, dans les mêmes conditions, les cellules stériles ne présentent aucune trace de noyau ; leur protoplasma est réduit à une mince couche pariétale ; elles servent de nourriture aux cellules fertiles.

Les oospores de chaque glomérule augmentent de volume considérablement, comme il est facile de s'en rendre compte en comparant la fig. 4 aux figures 5 et 8, dessinées au même grossissement. Leur structure définitive est la suivante : au centre, un noyau nucléolé qui, dans les conditions favorables, se présente sous l'aspect de la fig. 7; il est entouré d'une mince couche de protoplasma et relié par des trabécules très fins à la couche pariétale de protoplasma; l'épispore est épaisse, brunâtre, à surface lisse et, dans son épaisseur, elle montre des couches concentriques.

Il nous reste à examiner comment se fait la germination des oospores renfermées dans les glomérules et quelles modifications subit à ce moment la structure histologique.

D'après Prillieux, les spores, au bout de trois jours, donnent naissance à un promycèle qui peut porter à son extrémité un bouquet de six sporidies; les glomérules ne produisent le plus souvent qu'un seul promycèle, rarement deux ou trois, mais jamais ce savant n'en a vu plus d'un porter une couronne de sporidies (1).

En fait, toutes les oospores d'un même glomérule sont susceptibles de fournir un promycèle identique; mais,

(1) Prillieux. Loc. cit.

comme elles ne germent pas nécessairement en même temps, il y a là une cause d'erreur.

D'un autre côté, le nombre normal des sporidies formées en couronne à l'extrémité d'un même filament est de *huit;* par exception, certains promycèles ne portent que quatre sporidies. Nous avons pu suivre ce que devenait le noyau de l'oospore; il se rend dans le promycèle sans se diviser (fig. 8, A, B) ; on le trouve soit au milieu, soit même au sommet, si les sporidies sont déjà ébauchées. En effet, les huit bourgeons sporidiens peuvent se montrer avant toute trace de division du noyau (fig. 8, B) ; le protoplasma de ces bourgeons est à ce moment dense et homogène ; le noyau se divise en deux (fig. 8, C) et arrive par trois bipartitions successives à former huit noyaux ; chacun d'eux se rend dans une sporidie en s'allongeant dans l'étranglement qui leur sert de pédicelle (fig. 9, A, B, C) ; le passage des noyaux ne se fait pas simultanément pour toutes les sporidies; celles-ci sont ovales, allongées; leur protoplasma est disposé en réseau et granuleux ; le noyau est situé vers le milieu de la sporidie, dans une maille du réseau. Ces développements histologiques nous expliquent pourquoi le nombre des sporidies formées par le promycèle est en relation avec le nombre des bipartitions du noyau ; mais nous y voyons aussi que les sporidies peuvent s'ébaucher avant toute trace de division du noyau ; il en résulte qu'au lieu de commander la formation des cellules, c'est lui qui paraît obéir.

Prillieux a réussi à observer la formation de sporidies secondaires ; nous les avons également obtenues en grand nombre dans nos cultures ; la sporidie primaire s'allonge à son sommet en un pédicelle qui se renfle un peu plus loin ; un protoplasma dense et homogène s'y accumule ; ce n'est qu'un peu plus tard que le noyau de la sporidie primaire passe en s'étranglant dans le pédicelle et se rend dans la sporidie secondaire où il se divise (fig. 10-12) ; le

protoplasma des sporidies secondaires est très vacuolaire ; les deux noyaux sont plus ou moins rapprochés (fig. 10, A, B) ; la sporidie primaire vidée de son contenu a la forme d'une ampoule ; on oberve en général un coude du pédicelle qui donne insertion à la sporidie secondaire. La bipartition du noyau peut se faire dans la sporidie primaire, auquel cas, il reste quelquefois dans celle-ci une tache chromatique nucléaire après la chute de la sporidie secondaire ; les sporidies germent en minces filaments mycéliens (fig. 13).

GENRE TILLETIA

Dans ce genre, les sporidies sont produites exclusivement au sommet du promycèle ; les oospores se forment en masse, isolées les unes des autres ; elles résultent de renflements qui se produisent sur les filaments mycéliens; il y a production de conidies dans les milieux nutritifs.

Une espèce a été étudiée.

Tilletia Caries Tulasne.

(Pl. XXIII, fig. 1-18.)

Cette espèce est l'une des plus répandues : c'est elle qui cause la carie du blé, si redoutée des cultivateurs ; il n'est pas étonnant qu'elle ait de bonne heure attiré l'attention. Dès 1807, Prevost figurait non seulement la germination des spores, mais aussi les sporidies primaires et secondaires (1) ; un peu plus tard, Berkeley aperçoit les anastomoses entre sporidies (2). Tulasne indique comment la carie se développe à l'intérieur du grain de blé, il reconnaît le mode de formation des spores qui sont, dit-il, rat-

(1) Prevost. Mémoire sur la cause immédiate de la carie ou charbon des blés, Montauban, 1807.

(2) Berkeley. Propagation of Bunt *(Transact. Roy. Hort. Soc.*, vol. 2, p. 113, 1847.

tachées en grand nombre par des pédicelles courts à des sortes de troncs ou rameaux communs (1) ; un peu plus tard, le même savant indique les principaux caractères de la germination des spores (2). Kühn (3) a complété sur plusieurs points ces renseignements et Wolf (4) a indiqué comment le tube germinatif pénètre à l'intérieur de la plante. Brefeld a repris l'étude de la germination des spores ; il a obtenu, dans un milieu nutritif approprié, la formation d'un abondant mycélium qui a produit des conidies ; il a également suivi sur des filaments la production de spores (5).

Toute la partie morphologique du développement étant bien connue, nous devions nous attacher à la structure intime du champignon. Malheureusement, nous n'avons pas eu à notre disposition le champignon jeune tel qu'il se montre lorsqu'il commence à modifier l'ovaire du blé ; un épi carié nous avait été apporté par M. Sappin-Trouffy, et ce sont les spores que nous avons semées à diverses reprises ; ces spores très grosses (16-20 μ) ont une épispore qui est, comme on le sait, largement réticulée : au centre de chaque spore, on aperçoit un noyau nucléolé qui se colore bien par les réactifs ; les spores des cultures présentent des vacuoles (fig. 1) ; elles ont germé au bout de cinq à six jours ; elles étaient desséchées depuis un mois environ ; mais on sait que la faculté germinative se conserve beaucoup plus longtemps, plus de huit ans, si l'on en croit Liebenberg (6).

Le promycèle se montre au dehors par une déchirure de l'épispore ; sa longueur est variable et dépend des con-

(1) Tulasne. Loc. cit., 1er mémoire, p. 36.
(2) Tulasne. Loc. cit 2e mémoire, 1854.
(3) Kühn. *Krank der Kulturg.* Loc. cit.
(4) Wolf. *Der Brand des Getreides*, 1874.
(5) Brefeld. Loc. cit., p. 146.
(6) Liebenberg. *Œsterr. landw. Wochenblatt*, 1879, nos 13-14.

ditions de la culture, de la profondeur de la spore sous l'eau ; celles de la surface produisent leurs sporidies sans cloisonnement du promycèle ; dans les autres, le protoplasma avance, laissant derrière lui de nombreuses cloisons, et il ne donne ses sporidies qu'à la surface de l'eau ; enfin d'autres atteignent une très grande longueur sans produire leurs sporidies; ils peuvent même se ramifier, et alors le protoplasma passe dans la ramification; il semble y avoir là pour le promycèle un moyen d'arriver plus vite à la surface.

Le noyau de la spore passe dans le promycèle, et il s'y divise par trois bipartitions successives en huit noyaux qui sont destinés aux sporidies : cette division peut se produire plus ou moins tôt ; ainsi on trouve quelquefois des débuts de promycèles qui ont déjà deux noyaux (fig. 2) ; d'autres, plus avancés, mais n'offrant encore aucune trace de sporidies, ont leurs huit noyaux nucléolés disposés en file (fig. 3) ; par contre, on voit des promycèles au sommet desquels les sporidies sont très apparentes et qui n'ont encore qu'un noyau (fig. 4, N) ; d'autres fois, l'unique noyau est placé dans un promycèle cloisonné (fig. 5) ; dans nos cultures, les bipartitions du noyau sexuel se faisaient pendant la formation des sporidies (fig. 6-8). Il semble certain que les figures 6 et 12 représentent une division des noyaux suivant le mode indirect ; je ne puis cependant l'affirmer d'une façon absolue, car la fixation des matériaux d'étude n'était pas sans difficulté ; le protoplasma, dans ces germinations, n'était recouvert que d'une membrane excessivement mince, et il faisait fréquemment hernie après la fixation ; la même chose se produisait pour les noyaux dont la membrane se trouvait parfois rompue ; il en résultait certains aspects de nature à induire en erreur (fig. 7-8) ; les taches chromatiques se trouvaient accompagnées de petits globules denses qu'on aurait pu confondre avec des sphères attractives ; je ne crois pas me

tromper en disant que ce sont les nucléoles qui, sous l'influence de la fixation, se sont trouvés projetés en dehors du noyau.

Les sporidies, dans le *Tilletia*, sont aciculaires ; au début, leur protoplasma est très dense, homogène ; à ce stade, il n'y a pas encore de noyau ; plus tard, il devient vacuolaire et les lignes de granules qui séparent ces vacuoles imitent à s'y méprendre des cloisons (fig. 9) ; c'est le moment où les noyaux se distribuent dans les sporidies : ces noyaux s'allongent en navette pendant le passage ; et lorsqu'ils ont atteint le milieu de la sporidie, ils reprennent leur forme normale (fig. 9-11) : la disparition des vacuoles est peut-être la cause physique qui détermine l'appel des noyaux du promycèle dans les sporidies.

Ces sporidies contractent fréquemment des anastomoses et s'il y avait là une véritable fécondation, comme le pensait de Bary, nous aurions eu l'occasion probablement d'en suivre les diverses phases ; mais il n'existe rien de semblable ; chaque sporidie a normalement un noyau (fig. 11). On pourrait se faire une idée de l'utilité des anastomoses en raisonnant comme il suit : le canal de communication des sporidies avec le promycèle étant très étroit, il peut arriver que certains noyaux s'engagent dans une autre sporidie que celle qui leur était destinée : certaines sporidies auraient deux noyaux, alors que les autres en seraient dépourvues ; ces anastomoses permettraient de rétablir l'équilibre ; de fait, certaines sporidies ont certainement deux noyaux et, d'un autre côté, on peut quelquefois observer un noyau encore engagé dans le canal de communication (fig. 16-17).

Les sporidies produisent des sporidies secondaires, comme dans l'*Urocystis* ; elles sont portées par un court rameau dont l'extrémité amincie supporte la spore ; celle-ci possède deux noyaux (fig. 18) plus ou moins rapprochés qui proviennent d'une bipartition du noyau de la sporidie

primaire (fig. 16 17) ; les sporidies secondaires peuvent produire des sporidies tertiaires, etc. ; il se forme ainsi dans l'air des bouquets de conidies reliées les unes aux autres ; leur présence dans les cultures s'annonce par une teinte blanchâtre ; le mycélium peut avoir son point de départ dans la germination de ces sporidies à un degré quelconque.

Il arrive, avons-nous dit, que le promycèle atteint une très grande longueur sans former de sporidies ; le protoplasma abandonne derrière lui de nombreuses cloisons ; mais le noyau de l'oospore ne subit que les trois bipartitions normales ; malgré leur longueur, ces promycèles ne renferment que huit noyaux, ces noyaux sont nucléolés ; ils sont placés en file, peu éloignés les uns des autres, et à une assez grande distance, dans un protoplasma granuleux ; le protoplasma qui occupe l'extrémité du filament est plus dense et homogène. Si le promycèle fournit une ramification à quelque distance de son sommet, les huit noyaux s'engagent dans cette nouvelle ramification.

Le nombre ainsi limité des bipartitions du noyau de la spore nous paraît fournir un bon argument à l'appui de sa nature sexuelle ; il provient sans doute ici, bien que nous n'ayons pu vérifier le fait, faute de matériaux convenables, d'une fusion de deux noyaux, comme dans les *Ustilago*, *Doassansia*, *Entyloma*. Il y a là un sujet tout trouvé pour ceux qui sont à la recherche d'observations intéressantes à faire, surtout si l'on y joint l'étude des genres que nous n'avons pu nous procurer.

CHAPITRE III

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES USTILAGINÉES ET RÉSUMÉ

Le résultat le plus saillant de ce travail est, sans contredit, celui qui a trait à la reproduction sexuelle ; il provoquera, nous l'espérons, de nombreuses recherches qui contribueront à élucider de plus en plus l'histoire des champignons.

Reproduction sexuelle. — Le mycélium des Ustilaginées développe en des points déterminés de courts rameaux qui se renflent en vésicules : ces vésicules possèdent deux noyaux et elles ont la valeur d'oogones (*Entyloma, Doassansia*) ; leur protoplasma est clair au début ; un peu plus tard, ces oogones augmentent de volume, les deux noyaux se fusionnent en un seul noyau sexuel ; le protoplasma se recouvre d'une membrane propre qui se divise en exospore et endospore. Il se constitue ainsi, à l'intérieur de l'oogone, une spore qui est une oospore et se comportera comme telle à la germination ; à maturité, l'oospore ne renferme qu'un seul noyau nucléolé central, quelques trabécules de protoplasma granuleux et beaucoup d'huile ; quelquefois la ramification des rameaux est très abondante et forme alors une masse sporifère compacte (*Ustilago*) ; le contenu des oogones est plus dense, les membranes s'y gélifient ; les deux noyaux, mâle et femelle, sont plus difficiles à apercevoir et à différencier ; mais la gélification de la membrane de l'oogone est favorable à la véri-

fication de la production endogène des oospores (*Ustilago Tragopogi*) ; les rameaux qui produisent les oogones peuvent s'unir étroitement en un petit glomérule (*Urocystis*), et alors il ne nous a pas été possible jusqu'ici de mettre bien en évidence dans ce genre les deux noyaux de l'oogone ; mais les oospores ne renferment, comme partout ailleurs, qu'un seul noyau.

Il résulte de ces faits nouveaux la nécessité d'abandonner complètement la théorie de de Bary sur le rôle sexuel des anastomoses qui se produisent entre les sporidies ; c'est avec raison que Brefeld et Van Tieghem n'y voient qu'un simple phénomène végétatif.

Nous allons maintenant résumer brièvement ce qui concerne la structure du mycélium et celle des noyaux ; le mode de formation des oospores dans les divers genres ; leur structure, leur mode de germination, l'action particulière de ces parasites sur la plante hospitalière et la position que doit occuper la famille dans la classification.

Structure du mycélium et des noyaux. — Le mycélium est formé de filaments minces plus ou moins rameux, qui parcourent les espaces intercellulaires de la plante hospitalière, ne pénétrant que rarement à l'intérieur des cellules : ils sont cloisonnés et les cloisons sont inégalement espacées selon les espèces et aussi selon l'état du développement : les cellules âgées ne renferment plus que de l'eau sans trace de noyau ; les cellules qui se trouvent vers l'extrémité des hyphes en voie de croissance, renferment plusieurs noyaux ; ces noyaux sont très petits, et le plus souvent, ils se présentent sous l'aspect d'un globule de chromatine coloré uniformément ; cependant on réussit quelquefois à y distinguer une membrane nucléaire et un nucléole central pendant la période végétative. Il est beaucoup plus facile d'étudier la structure du noyau dans les oospores, où son diamètre augmente sensiblement : la

membrane nucléaire possède un double contour ; le nucléole est assez gros et l'intervalle qui s'étend jusqu'à la membrane, est rempli de hyaloplasme, chargé plus ou moins de chromatine (fig. 13, Pl. XXI ; fig. 2, 7, Pl. XXII).

On réussit également à observer cette structure vésiculaire dans les noyaux du promycèle (fig. 3, 13, 14, Pl. XXIII) et çà et là, on peut distinguer des arcs de chromatine dans le hyaloplasme (fig. 5, 13, Pl. XXIII ; fig. 16, Pl. XX). Dans les sporidies, le diamètre du noyau diminue, et il se présente à nouveau sous l'aspect d'un globule de chromatine, comme dans les filaments végétatifs : dans ces filaments, le noyau obstrue quelquefois toute la cavité du filament, prenant la forme d'un bouchon cylindrique.

En résumé, malgré sa petite taille, le noyau des Ustilaginées est construit sur le même type que celui de la plupart des champignons étudiés à ce point de vue.

Auerbach a montré récemment que les cellules animales peuvent contenir deux sortes de corpuscules qui se teignent différemment dans un mélange de matières colorantes rouges et bleues (1) ; les uns sont *érythrophiles,* se colorent en rouge, les autres sont *cyanophiles,* se colorent en bleu ; les noyaux sexuels sont cyanophiles dans les cellules mâles, érythrophiles dans les cellules femelles. Rosen a montré que cette différenciation se retrouvait dans les noyaux des cellules végétales (2). Pour l'obtenir en préparations durables, on opère de la manière suivante : les coupes sont placées pendant une demi-heure dans la fuchsine acide à $\frac{1}{1000}$, on lave rapidement à l'eau ; on colore au bleu de méthylène et au bout d'une minute environ, on lave à l'eau et on dessèche. La coupe est abandonnée de 6 à 24 heures dans l'essence de girofle ; elle est lavée au

(1) L. Auerbach. Zur Kenntniss der thierischen Zellen (*Sitzungsberichte der Kgl. preuss. Acad. d. Wissenschaften,* 26 juin 1890).

(2) F. Rosen. Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenzellen (*Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen* Bd. V, Breslau, 1892).

xylol plus alcool et montée dans le Baume de Canada. Avec cette méthode, on voit que dans la *Scilla sibirica*, les eunucléoles se colorent en rouge, les nucléoles vrais en bleu ; les deux couleurs se trouvent dans les noyaux à l'état de repos. Pendant la division du noyau, dans le *Hyacinthus orientalis*, les anses chromatiques se colorent en bleu violacé, les fibres achromatiques et le cytoplasme en rouge. Dans le grain de pollen, le noyau végétatif est érythrophile ; le noyau générateur, très compact, se colore en bleu. Le noyau femelle du sac embryonnaire de Tulipe se colore en rouge, ainsi que les nucléoles.

Schottlander a obtenu des résultats analogues en étudiant les Cryptogames vasculaires (1).

Rosen a porté sa méthode d'investigation chez les champignons (2). Son travail confirme et complète sur plusieurs points nos propres observations (3) ; mais il n'a pas abordé l'étude des différences que pourraient présenter les noyaux mâles et femelles pendant la fécondation. Les noyaux des Ustilaginées ont des dimensions trop faibles pour se prêter à ces investigations : aussi nos essais, dans ce sens, ont-ils été tous infructueux.

La division du noyau se fait ordinairement suivant le mode direct : elle peut cependant avoir lieu suivant le mode indirect, comme le prouvent les divers aspects que nous avons rencontrés dans le promycèle du *Tilletia Caries* (fig. 6, 12, Pl. XXIII) ; on y reconnaît, bien que les figures n'aient pas été schématisées, la formation du fuseau, de la plaque équatoriale, avec quatre à six filaments chroma-

(1) P. Schottlander. Beiträge zur Kenntniss des Zellkerns und der sexualzellen bei Kryptogamen (*Cohn's Beiträge Z. Biologie des Pflanz.* Bd VI, 1892).

(2) Rosen. Studien über die Kerne und die membranbildung bei Myxomyceten und Pilzen (*Cohn's Beiträge z. Biologie der Pflanz.* Bd VI, 1892).

(3) P.-A. Dangeard. Recherches histologiques sur les Champignons. Loc. cit.

tiques ; on y voit également aussi, aux deux pôles du fuseau nucléaire, les anses chromatiques mal définies.

Mode de formation des oospores. — Dans l'exposé de la formation des spores, on a jusqu'ici signalé plusieurs types, sans trop essayer de les relier les uns aux autres : ainsi on a le type des *Ustilago*, celui des *Tilletia*, celui des *Urocystis*, des *Entyloma*, des *Doassansia*, etc. Il me semble qu'en réalité, il ne faut voir là qu'un mode général subissant des modifications sans importance.

Prenons, par exemple, les *Entyloma* et les *Doassansia* ; les oogones sont des rameaux courts renflés en vésicule ; dans le premier genre, la ramification est peu abondante et les oogones restent indépendants ; dans le second genre, la ramification est abondante, les vésicules deviennent très nombreuses, se pressent les unes contre les autres, constituant un massif qui se recouvre d'oogones restés stériles; chez les *Tilletia*, les oogones sont également des rameaux courts renflés en vésicule; leur nombre est considérable ; mais on n'observe pas de glomérule particulier, entouré de cellules stériles. La formation des oogones n'est guère différente chez les *Ustilago* : ce sont bien aussi des rameaux courts qui constituent les oogones, comme le prouve la fig. 6, pl. XX (1) ; toutes les cellules de la masse fructifère ne prennent pas part à la formation des oospores, comme on le croit ; il y a seulement ici un plus grand nombre d'oogones intercalaires ; dans les *Urocystis*, ce sont également des extrémités de filaments et de courtes ramifications qui se renflent en oogones dans le glomérule ; les fertiles occupent le centre, les stériles se trouvent à la périphérie. On s'explique d'ailleurs que les oogones occupent l'extrémité des filaments ou de courts rameaux développés sur ces filaments : ils renferment

(1) Consulter aussi : de Bary. *Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze*, fig. 82.

deux noyaux ; or, les noyaux n'existent plus d'une façon générale dans des cellules âgées, comme le sont celles qui se trouvent à une certaine distance du sommet.

C'est là qu'il faut chercher l'explication de la position et du mode de production des oogones. Ces oogones forment, dans les divers genres, une seule oospore, et cela de la même façon ; les deux noyaux se fusionnent en un seul, et après cette fusion, le protoplasma se recouvre d'une membrane propre qui plus tard se divise en exospore et endospore.

Structure de l'oospore. — L'oospore, chez les Ustilaginées, ne renferme qu'un seul noyau nucléolé ; son volume augmente considérablement à partir de l'instant où se produit la fusion des noyaux, jusqu'à la maturité ; son exospore peut être lisse (*Entyloma Glaucii, Doassansia alismatis*, etc.) : elle est fréquemment réticulée (*Ustilago violacea, Tilletia Caries*, etc. ; à l'intérieur de l'oospore s'accumulent des matières grasses qui occupent toutes les lacunes d'un fin réseau protoplasmique et le noyau occupe vers le centre l'une des mailles de ce réseau.

Germination de l'oospore. — Les oospores, semées à la surface de l'eau, ne tardent pas à entrer en germination ; l'huile disparaît, faisant place à des vacuoles dans lesquelles l'eau s'accumule : on voit sortir en un point de la surface un filament, le promycèle, dans lequel le protoplasma de l'oospore passe entièrement, entraînant le noyau. Ce promycèle se comporte, selon les genres, d'une manière différente.

A. Dans l'*Ustilago Tragopogi*, le noyau subit deux bipartitions et le promycèle se cloisonne en quatre cellules renfermant chacune un noyau ; ces cellules développent latéralement une sporidie dans laquelle passe le noyau (fig. 12, Pl. XX).

Dans l'*Ustilago carbo,* le noyau subit une première

bipartition ; le noyau inférieur se divise ensuite ; ses deux moitiés se séparent par une cloison, le noyau supérieur se divise à son tour ; deux nouvelles cloisons se forment et le promycèle est composé de quatre cellules à un seul noyau qui fournissent une sporidie latérale, comme dans l'espèce précédente ; si la division du noyau supérieur ne se produit pas, le promycèle ne comprend que trois cellules ; il n'en a que deux, si le noyau de l'oospore ne subit qu'une bipartition. Chacune de ces cellules est susceptible de s'enkyster ; elles se renflent à leurs deux extrémités ; il s'y développe un gros globule d'huile ; le noyau se trouve au centre entre les deux globules.

On s'explique, d'après ce qui précède, pourquoi le nombre des cellules du promycèle peut varier dans certaines limites (fig. 14, 21, Pl. XX).

Dans nos germinations d'*Ustilago violacea,* tous les promycèles obtenus ne renfermaient qu'un ou plus souvent deux noyaux (fig. 9, 11, Pl. XXI).

B. Dans les *Urocystis*, le sommet du promycèle produit huit bourgeons sporidiens : on voit ensuite le noyau subir trois bipartitions successives : les huit noyaux qui en résultent, passent dans les sporidies (fig. 8, 9, Pl. XXII) : ces sporidies à un seul noyau donnent naissance à des sporidies secondaires à deux noyaux (fig. 10-12, Pl. XXII), ce qui indique le retour à l'état végétatif proprement dit ; ces sporidies secondaires germent en un filament mycélien grêle (fig. 13, Pl. XXII).

C. Dans les *Tilletia,* la germination des oospores rappelle celle des *Urocystis* ; la division du noyau peut commencer avant ou après la formation des bourgeons sporidiens ; la dernière bipartition au moins peut se faire suivant le mode indirect (fig. 6, 12, Pl. XXIII) ; chaque sporidie reçoit un noyau ; les sporidies secondaires en ont deux. Le promycèle peut atteindre une très grande longueur sans former de sporidies; mais le nombre des

noyaux ne dépasse pas huit ; et s'il se produit une ramification, les noyaux s'y engagent. La réduction du nombre normal des sporidies se fait, comme chez l'*Ustilago carbo*, par suite d'un arrêt dans la division des noyaux du promycèle.

Action du parasite sur la plante hospitalière. — Nous n'avons pas les documents suffisants pour traiter cette question avec détails. Disons seulement que la présence du mycélium autour des cellules de la plante n'empêche pas ces cellules de vivre ; elles conservent leur noyau et elles peuvent se développer normalement pendant un certain temps ; le noyau finit cependant par perdre sa chromatine : c'est ce que l'on observe au centre des taches produites par l'*Entyloma* ou le *Doassansia* ; d'autres fois, la cellule subit son évolution normale (cellules spiralées des anthères de *Lychnis*) ; parfois, la présence du parasite stimule la division des cellules, et il se produit alors des hypertrophies dans les tissus attaqués (*Urocystis Violæ* etc.) ; enfin le mycélium peut étouffer les cellules en comprimant de plus en plus leur cavité et les faire disparaître (cellules centrales des anthères de *Lychnis*, etc.).

L'irritation parasitaire peut, comme l'a montré Vuillemin, amener le développement d'organes qui, sans cela, seraient restés à l'état rudimentaire ; c'est ainsi que, dans les fleurs femelles de *Lychnis*, les étamines sous l'influence de l'*Ustilago* se développent et mettent en liberté les oospores du parasite, comme elles le feraient pour de véritables grains de pollen (fig. 1-7, Pl. XXI) ; par contre, l'ovaire reste atrophié ; il y a castration sous l'influence du parasitisme ; c'est là un fait d'ordre général qui se produit aussi bien sur les animaux que sur les végétaux (1).

(1) On consultera avec fruit sur ce sujet les importants travaux de Giard, Roze, Vuillemin, Magnin, etc., que l'on trouvera disséminés

Qu'il nous suffise d'avoir établi que la castration parasitaire est facile à étudier dans les Composées attaquées par l'*Ustilago Tragopogi* ; dans le *Tragopon orientalis*, les fleurs régulièrement devraient être toutes hermaphrodites et ligulées ; or, dans les capitules attaqués, les fleurons ne dépassent guère en longueur un ou deux centimètres ; la corolle reste en général tubuliforme, au moins en apparence (fig. 1-3, Pl. XX); l'ovaire ne présente pas trace d'ovules ; il est atrophié, sans cavité ovarienne ; un style dont les stigmates seuls sont bien développés, le surmonte. Dans les étamines, le développement normal des grains de pollen s'accomplit, et il y a là une différence assez sensible entre le développement de l'*Ustilago violacea* et celui de l'*Ustilago Tragopogi*.

Position systématique des Ustilaginées dans la classification. — Van Tieghem a proposé récemment (1) de faire rentrer les Ustilaginées et les Urédinées dans les Basidiomycètes divisés en deux grands groupes, *acrospores* et *pleurospores* ; il se trouve que, dans ce mode de division, la famille des Ustilaginées est scindée en deux parties ; les Tilletiées, avec les *Tuburcinia*, les *Entyloma*, les *Urocystis*, les *Doassansia*, qui forment leurs sporidies à l'extrémité du promycèle, prennent place dans les Basidiomycètes acrosporés ; les Ustilagées sont rangées dans les Basidiomycètes pleurosporés.

Vuillemin s'attache à prouver que l'on ne peut comparer le promycèle des Ustilaginées à la protobaside des Pucciniées ; il pense que « la baside est un asque dont chaque cellule-fille, avant de passer à l'état de spores, fait saillie au dehors, et se transforme en une sorte de

dans les *Comptes rendus de l'Ac. des Sciences*, le *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, le *Bulletin de la Société des sciences de Nancy*, le *Bulletin de la Société Botanique*, etc.

(1) Van Tieghem. Sur la classification des Basidiomycètes (*Journal de Botanique*, n° 5, 1893).

conidie pour mieux s'adapter au transport par le vent. Suivant ces idées, Vuillemin laisse les Ustilaginées au voisinage des Ascomycètes et transporte les Pucciniées dans les Protobasidiomycètes avec les Trémellinées (1).

Nous pensons, en nous appuyant sur les données de ce travail, que les Ustilaginées et les Urédinées représentent dans l'évolution un terme moyen entre les Phycomycètes (Chytridiacées, Ancylistées, Peronosporées, Saprolégniées) et les Basidiomycètes et Ascomycètes. Le nom de Mésomycètes que nous trouvons dans Frank, avec une signification limitée (2), nous paraît convenir pour grouper ces deux familles. Voici comment nous comprenons les lignes générales de l'évolution des champignons.

1re classe. *Phycomycètes.* Dans ces champignons, le thalle n'est pas cloisonné ; il renferme de nombreux noyaux ; au moment de la reproduction sexuelle, les noyaux mâle et femelle se trouvent dans des organes distincts ; il y a donc différenciation morphologique des appareils reproducteurs sexuels. Cette classe comprend les Chytridiacées qui relient par la base les champignons aux Monadinées zoosporées, les Ancylistées, les Saprolégniées, les Peronosporées, les Entomophthoracées, les Monoblépharidées, les Mucorinées.

2e classe *Mésomycètes.* Groupe de transition. Le thalle est cloisonné en cellules à plusieurs noyaux; les oogones se forment en grand nombre à l'extrémité de rameaux renflés en vésicule ; chez les Urédinées, il peut y avoir plusieurs oospores dans chaque oogone (*Puccinia*, *Triphragmium*, etc.) ; chez les Ustilaginées, il n'y a qu'une seule oospore par oogone. La fécondation ne s'opère plus au moyen d'appareils sexuels différenciés : elle n'est représentée que par l'union de deux noyaux mâle et femelle.

(1) Vuillemin. Remarques sur les affinités des Basidiomycètes (*Journal de Botanique*, n° 9, 1er mai 1893).

(2) Frank. *Lehrbuch der Botanik*, Leipzig, 1893.

Les Mésomycètes conduisent directement aux Basidiomycètes d'une part par l'intermédiaire des *Chrysomyxa*, dont les téleutospores germent immédiatement; les basides seraient donc des oospores à germination immédiate, et nous avons fait prévoir l'existence générale dans les basides d'une fécondation.

D'autre part, les Mésomycètes conduisent aux Ascomycètes, par réduction du promycèle et formation directe des embryons à l'intérieur de l'oospore : si cette vue est exacte, la fécondation doit s'opérer dans l'asque ; le noyau de l'asque proviendrait d'une fusion de noyaux mâle et femelle venant du mycélium.

Les grandes lignes de cette classification sont mises en évidence dans le tableau suivant :

```
Ascomycètes    Basidiomycètes
        \        /
        Mésomycètes
             |
        Phycomycètes
             |
Animaux : Monadinées zoosporées
```

Nous nous réservons de la développer plus tard, mais on saisira facilement les différences essentielles qu'elle présente avec celles qui ont été proposées par Van Tieghem, Brefeld, Frank, Schrœter, Vuillemin, Zopf, etc. ; elle permet de saisir la filiation même des diverses familles, à partir des Protozoaires.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XX.

Ustilago Tragopogi Pers., fig. 1-12.

Fig. 1. Section d'une anthère de *Tragopogon orientalis L.* Les grains de pollen se sont développés normalement : la pénétration du parasite commence dans deux des sacs polliniques. (N. G.)

Fig. 2. Portion de sac pollinique avec les grains de pollen A, et les filaments mycéliens B de l'*Ustilago* plongés dans la masse nutritive, résultant de la destruction de l'assise interne ; cette masse comprend du protoplasma et des substances chromatiques provenant des noyaux.

Fig. 3. Section transversale d'un fleuron vers la base; la couche externe possède 10 faisceaux F, en deux cercles : le cercle interne est destiné aux étamines ; l'axe central représente l'ovaire atrophié, B ; la masse sporifère de l'*Ustilago* se trouve à l'intérieur et à l'extérieur du fleuron. (N. G.)

Fig. 4. Les filaments sporogènes entrelacés en tissu avant la formation des oospores.

Fig. 5. Section du style avec le tissu conducteur rempli de mycélium. (N. G.)

Fig. 6. Ramification du mycélium en oogones pour la formation des oospores.

Fig. 7. Les oogones avec leurs deux noyaux.

Fig. 8-10. Divers stades de la fusion des noyaux et de la formation des oospores.

Fig. 11. L'oospore avec son noyau.

Fig. 12. Deux stades du promycélium ; formation des sporidies latérales.

Ustilago carbo Tul., fig. 13-21.

Fig. 13. Oospores avec leur noyau.

Fig. 14. Début de la formation du promycèle.

Fig. 15. Etat plus avancé.

Fig. 16. Promycèle à trois noyaux.

Fig. 17. Apparition de la cloison inférieure; division du noyau supérieur.

Fig. 18. Enkystement de chacun des articles du promycèle : formation de globules d'huile à leur intérieur.

Fig. 19. Position du noyau dans ces kystes.

Fig. 20. Id. : sporidies latérales en formation.

Fig. 21. Production de sporidies sur les promycèles ordinaires.

PLANCHE XXI.

Ustilago violacea Pers., fig. 1-11.

Fig. 1. Section d'une anthère très jeune avec les premières traces du parasite. (N. G.)

Fig. 2. Apparition du mycélium M dans les espaces intercellulaires.

Fig. 3. Etat plus avancé.

Fig. 4. Section d'un sac pollinique rempli par la masse sporifère ; A, dernières traces des noyaux et des membranes des cellules: quelques filaments mycéliens rayonnent dans la couche corticale.

Fig. 5. Un de ces filaments atteignant l'épiderme.

Fig. 6. Les quatre sacs polliniques remplis d'oospores. (N. G.)

Fig. 7. Mise en liberté des oospores, S, par une déhiscence normale de la paroi de l'anthère.

Fig. 8. Oogones à deux noyaux.

Fig. 9. Oospores mûres avec un seul noyau.

Fig. 10-11. Germination des oospores.

Doassansia alismatis Nees (Cornu), fig. 12-14.

Fig. 12. Développement des oogones et des noyaux pendant la formation des sores.

Fig. 13. Portion d'un jeune sore avec la fusion des noyaux précédant l'individualisation des oospores.

Fig. 14. Une partie de la section d'un sore mûr ; oospores à un seul noyau ; E, cellules corticales stériles.

PLANCHE XXII.

Entyloma Glaucii Dang., fig. 1-2.

Fig. 1. Formation des oogones à deux noyaux et divers états de la production des oospores.

Fig. 2. Structure du noyau central de l'oospore. (N. G.)

Urocystis Violæ F. de Waldhein, fig. 3-14.

Fig. 3. Section du tissu attaqué au voisinage des groupes sporo-

gènes; les filaments mycéliens pénètrent daus les cellules jusqu'au voisinage du noyau.

Fig. 4. A, Groupe sporogène jeune; B, plus âgé, mais à éléments moins nombreux.

Fig. 5. Groupe sporogène mûr; oospores à un seul noyau entourées de cellules stériles.

Fig. 6. Structure de l'oospore.

Fig. 7. Id. du noyau. (N. G.)

Fig. 8-9. Divers états de la formation du promycèle et des sporidies.

Fig. 10-12. Production des sporidies secondaires.

Fig. 13. Leur germination.

Fig. 14. Sporidie primaire produisant une sporidie secondaire aspect avant le passage des noyaux.

PLANCHE XXIII.

Tilletia Caries Tulasne, fig. 1-18.

Fig. 1. Spore mûre avec son noyau central.

Fig. 2. Début d'un promycèle avec deux noyaux.

Fig. 3. Promycèle avec huit noyaux.

Fig. 4. Promycèle avec huit bourgeons sporidiens; le noyau n'a pas encore subi de division.

Fig. 5. Noyau du promycèle avec plusieurs arcs de chromatine.

Fig. 6. Promycèle avec quatre noyaux en voie de division indirecte.

Fig. 7. Les nucléoles des noyaux sont devenus libres par éclatement des noyaux pendant la fixation.

Fig. 8-11. Divers stades du passage des noyaux dans les sporidies.

Fig. 12. Quatre noyaux en division indirecte dans un promycèle.

Fig. 13. Un promycèle très long avec huit noyaux.

Fig. 14. Un promycèle ramifié; les huit noyaux s'engagent dans la ramification.

Fig. 15. Anastomose entre deux sporidies.

Fig. 16-17. Formation des sporidies secondaires.

Fig. 18. Sporidies secondaires à deux noyaux.

Nota. — Toutes les figures, sauf celles qui sont suivies dans l'explication des planches de la mention N. G., ont été dessinées, à la chambre claire, avec l'oculaire compensateur 6 et l'objectif à immersion homogène, 2,0mm. de Zeiss.

LA STRUCTURE DES LEVURES

ET LEUR DÉVELOPPEMENT

Par P.-A. DANGEARD

Pl. XXIII, fig. 19, 24.

L'étude de la structure des Levures a donné lieu à un grand nombre d'observations contradictoires. La présence d'un noyau à l'intérieur des cellules est admise par Naegeli (1), Schleiden (2), Schmitz (3), Strasburger (4), Zalewsky (5) ; Zacharias (6), Moeller (7), Zimmermann (8), Hansen (9) ; elle a été contestée par Brucke (10), Krasser (11), Baum (12).

(1) Naegeli. Zellenbildung und Zellenwachstum bei Pflanzen (in Schleiden und Naegeli *Zeitschr. f. Wiss. Bot.* I, 1 p. 45).

(2) Schleiden. Grundzüge, 1849.

(3) Schmitz. Unters, über den Zellkern der Thallophytes (*Sitzung d. Niederrhein Ges. f. Nat. u Heilkunde zu Bonn.* 1879).

(4) Strasburger. *Bot. Practicum*, 2e édition, 1887, p. 339.

(5) Zalewsky. Ueber Sporenbildung in Hefezellen (*Berichte d. Krakauer Akad. d. Wiss. Math. Naturw.* Bd. XIII, 1885).

(6) Zacharias. Beiträge zur Kenntniss des Zellkerns und der sexualzellen (*Bot. Zeit*, 43e année, p. 298).

(7) Moeller. Ueber den Zellkern und die Sporen der Hefe. (*Centralb. f. Bacteriologie und Parasitenkunde.* Bd. XII, n° 16, 1892).

(8) Zimmermann. *Die Morphologie und physiologie der Pflanzenzelle*, 1887, p. 26.

(9) Hansen. Recherches sur la Morph. des ferments alcooliques VI. (*Res. d. c. r. d. travaux du Labor. de Carlsberg*, vol. II, p. 126).

(10) Brucke. Die Elementar organismen (*Sitz. d. Kais. Akad. d. Wissensch.* Vienne, 1862).

(11) F. Krasser. Ueber das angebliche Vorkommen eines Zellkernes in den Hefezellen (*Oesterr. bot. Zeitschr*, 1885, n° 11).

(12) Baum. Zur Morphologie und biologie der Sprosspilze (*Zeitschr. f. Hygiène*, Bd. X, 1891).

Tout récemment Hieronymus (1) signalait chez les Levures une structure analogue à celle de la cellule des Phycochromacées ; il aurait vu au milieu du protoplasma un filament central (centralfaden) très long, contourné de façon très variable ; ce filament est composé de granules anguleux auquel il attribue la nature de cristalloïdes ; ces granulations ont une forte élection pour les réactifs colorants.

Dans une note préliminaire, Janssens (2) annonce avoir rencontré un noyau véritable dans les Levures ; ce noyau possède une membrane, un nucléole, et il présente pendant le bourgeonnement et pendant la formation des spores le mode de division indirecte.

Enfin H. Moeller (3), dans de nouvelles recherches, s'attache à réfuter le travail de Krasser et il démontre que les spores des Levures ont une membrane et un noyau ; il n'est nullement persuadé que les Levures soient des Ascomycètes ; il les placerait plutôt provisoirement dans les genres *incertæ sedis*. Au moment où Moeller publiait ces nouvelles observations, je communiquais moi-même à l'Académie des sciences (4) une Note que je vais reproduire, en l'accompagnant ici de quelques figures destinées à éclairer le texte :

« Dans cette note, je montrerai que la levure de bière (*Saccharomyces cerevisiæ*) possède un noyau bien caractérisé et j'indiquerai en outre les phénomènes qui accompagnent le bourgeonnement. Les matériaux d'étude ont été fixés à l'alcool absolu et colorés à l'hématoxyline ;

(1) Hieronymus. Ueber die organisation der Hefezellen (*Berichte d. deutsch. bot. Gesellschaft*, Heft 2,25 mars 1893).

(2) Janssens. Beiträge zur der Frage über den Kern der Hefezelle (*Centralblalt fur Bakteriologie und Parasitenkunde*, XIII, p. 639).

(3) H. Moeller. Neue Untersuchungen über den Zellkern und die Sporen der Hefen (*Bericht. d. d. Botan. Gesellschaft*, Heft 7,29 août 1893).

(4) P.-A. Dangeard. Sur la structure histologique des Levures et leur développement (*Comptes rendus, Acad. Sciences*, 3 juillet 1893).

ils ont été observés avec l'objectif apochromatique de Zeiss 2^{mm}, 0.

« La cellule de levure, dans ces conditions, montre sous la membrane une couche épaisse d'un protoplasma dense, homogène, se colorant assez fortement sous l'influence du réactif ; ce protoplasma entoure une grande vacuole interne ; le noyau se trouve logé dans l'épaisseur de cette couche protoplasmique et, à l'état de repos, il est sphérique, limité par une membrane nucléaire très nette ; au centre, se trouve un gros nucléole également sphérique, très coloré ; la couche de hyaloplasme qui se trouve entre le nucléole et la membrane reste incolore ; elle se charge assez souvent d'un ou plusieurs arcs de chromatine au contact immédiat de la membrane nucléaire (fig. 19, Pl. XXIII).

« Indiquons maintenant comment s'opère le bourgeonnement : la papille qui va s'isoler et constituer une nouvelle cellule, peut débuter en un point diamétralement opposé à celui où se trouve le noyau (fig. 23, en bas) ; elle est à peu près sphérique et contient, comme la cellule mère, une couche de protoplasma entourant une vacuole ; elle est reliée à cette cellule mère par un pédicelle très fin qui ne se voit pas sur le vivant (fig. 19-24). Le noyau de la cellule mère peut, à ce stade, ne montrer encore aucun changement ; son rôle semble donc absolument passif jusque-là ; il se porte ensuite jusqu'au point d'attache du pédicelle et il se divise en deux (fig. 20) ; cette division se fait, au moins le plus souvent, suivant le mode direct ; le nucléole se partage en deux moitiés entourées chacune par la zone claire de hyaloplasme. La division se fait dans le plan perpendiculaire à l'axe qui traverse à la fois la cellule mère et la cellule fille, de sorte que l'un des noyaux se trouve accolé au pédicelle comme à l'entrée d'un entonnoir (fig. 20) ; il s'y prolonge bientôt en un mince filet chromatique qui atteint la cellule fille, s'y renfle, attirant à lui finalement

les dernières granulations chromatiques (fig. 20-22). Pendant tout ce temps du passage dans le pédicelle, le noyau n'offre pas trace de membrane nucléaire; après, il reprend sa structure ordinaire.

« Le noyau de la cellule mère se porte en un autre point de la cellule où une nouvelle papille se formera ; lorsque la végétation est rapide, on observe plusieurs bourgeons à la fois sur la même cellule, mais ils sont *d'âge différent* (fig. 24) ; ils se forment successivement de la manière qui vient d'être indiquée; à chaque nouveau bourgeonnement, correspond une nouvelle bipartition du noyau. »

Il ne saurait donc plus y avoir aucun doute sur l'existence d'un noyau dans les cellules des Saccharomycètes : les observations de Janssens et les nôtres établissent définitivement la structure du noyau qui possède une membrane nucléaire à double contour et un nucléole ; sa structure est identique à celle qui a été rencontrée chez les autres Champignons étudiés jusqu'ici ; de plus, si l'on compare le bourgeonnement des Levures à la formation des sporidies primaires ou secondaires chez les Ustilaginées, on verra que le noyau se comporte d'une manière analogue dans les deux cas ; le bourgeon se forme d'abord et on ne voit qu'assez tard le noyau, après une division, passer au milieu du bourgeon en s'étirant dans le mince pédicelle qui supporte la spore. L'obligation de passer au travers d'un canal à diamètre plus petit que celui du noyau explique pourquoi le passage s'effectue immédiatement après une division ; à ce moment, en effet, le noyau est beaucoup plus plastique ; la membrane nucléaire ayant disparu, il peut s'allonger, s'étirer et franchir l'étroit canal de communication ; le noyau ordinaire, à l'état de repos, serait incapable d'une pareille manœuvre.

L'erreur de Hieronymus m'a rappelé un aspect particulier de la substance nucléaire que j'ai eu l'occasion de

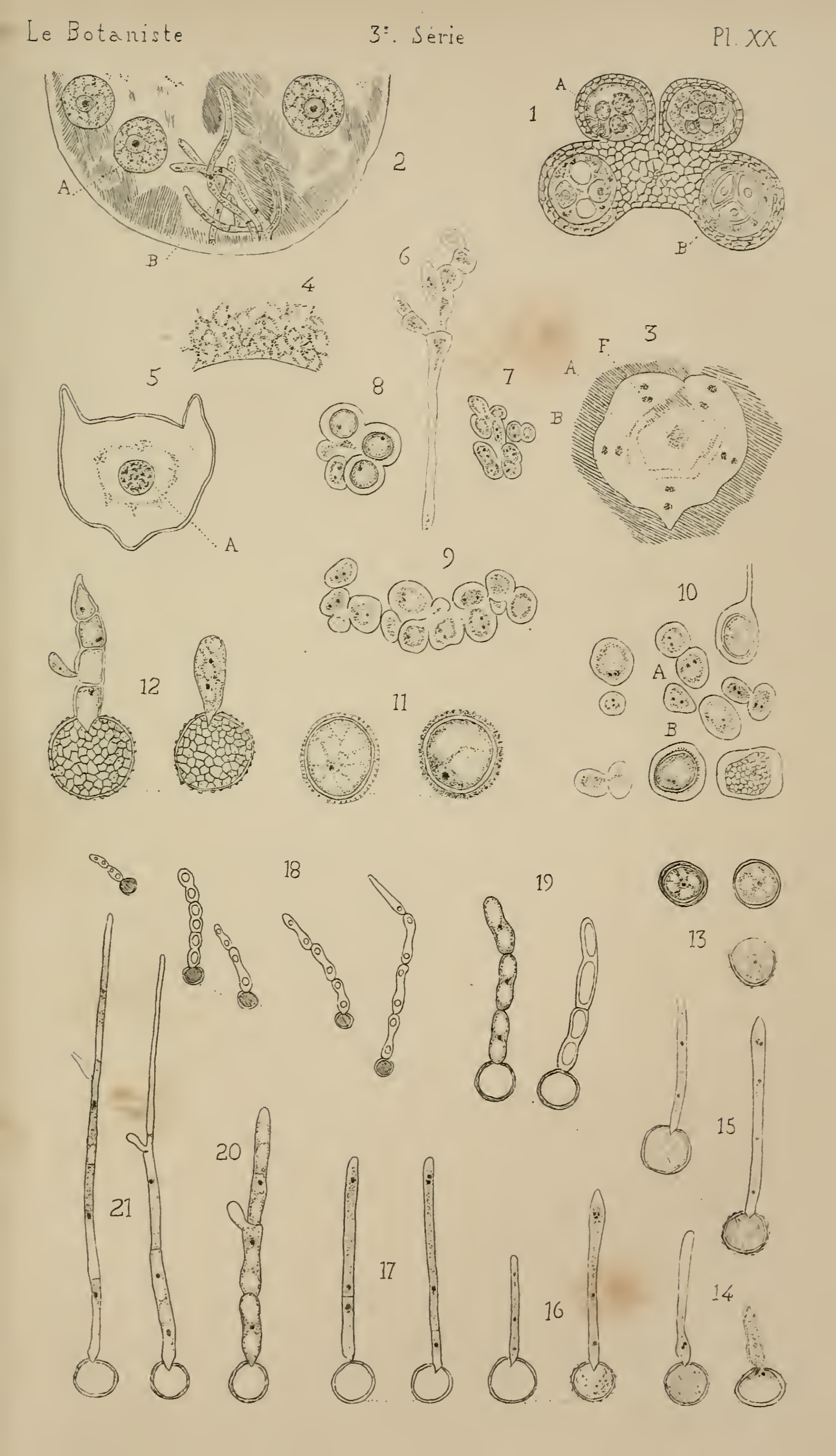
rencontrer dans le promycèle du *Tilletia Caries* ; il y avait dans ce promycèle deux lignes parallèles de granules chromatiques rappelant le « centralfaden » dessiné et décrit par Hieronymus dans les *Saccharomyces*. Je me suis aperçu que cet aspect était dû à une mauvaise fixation des noyaux dont la substance s'était disséminée dans le protoplasma ; cette fixation défectueuse se produit surtout lorsque les matériaux sont en rapide végétation ; c'est très probablement à cela qu'il faut attribuer l'idée de Krasser qui admet une dissémination de nucléine dans le protoplasma de la cellule.

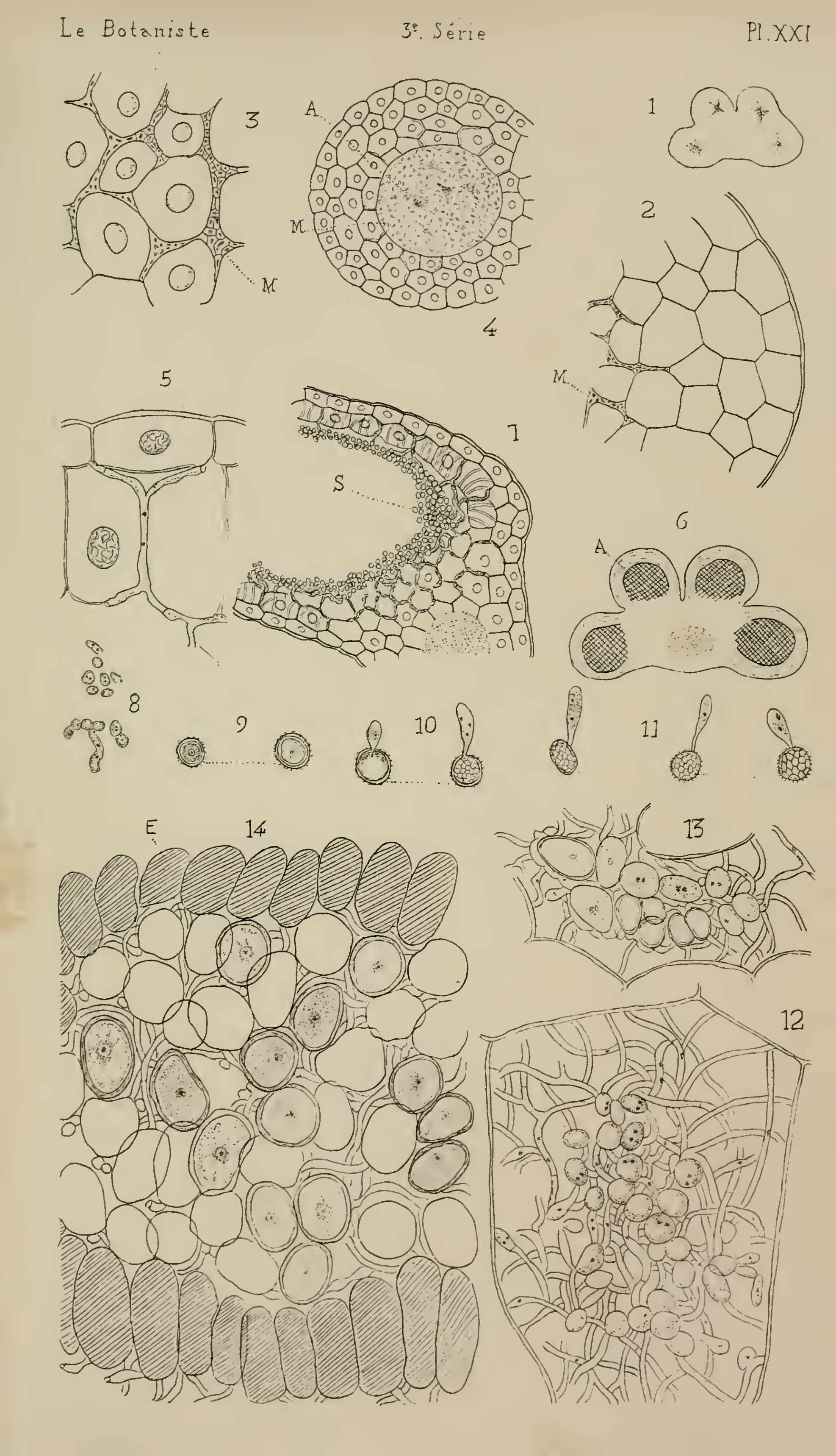
On place en général les Levures dans les groupes des Ascomycètes (1). Brefeld a combattu fortement cette opinion et il les considère comme analogues aux sporidies bourgeonnantes des Ustilaginées (2). Si nos recherches sur l'histologie de cette dernière famille apportent quelques arguments en faveur de l'opinion de Brefeld, il faut reconnaître que jusqu'ici ils ne peuvent contrebalancer ceux que l'on peut tirer de la présence de spores dans les *Saccharomyces*.

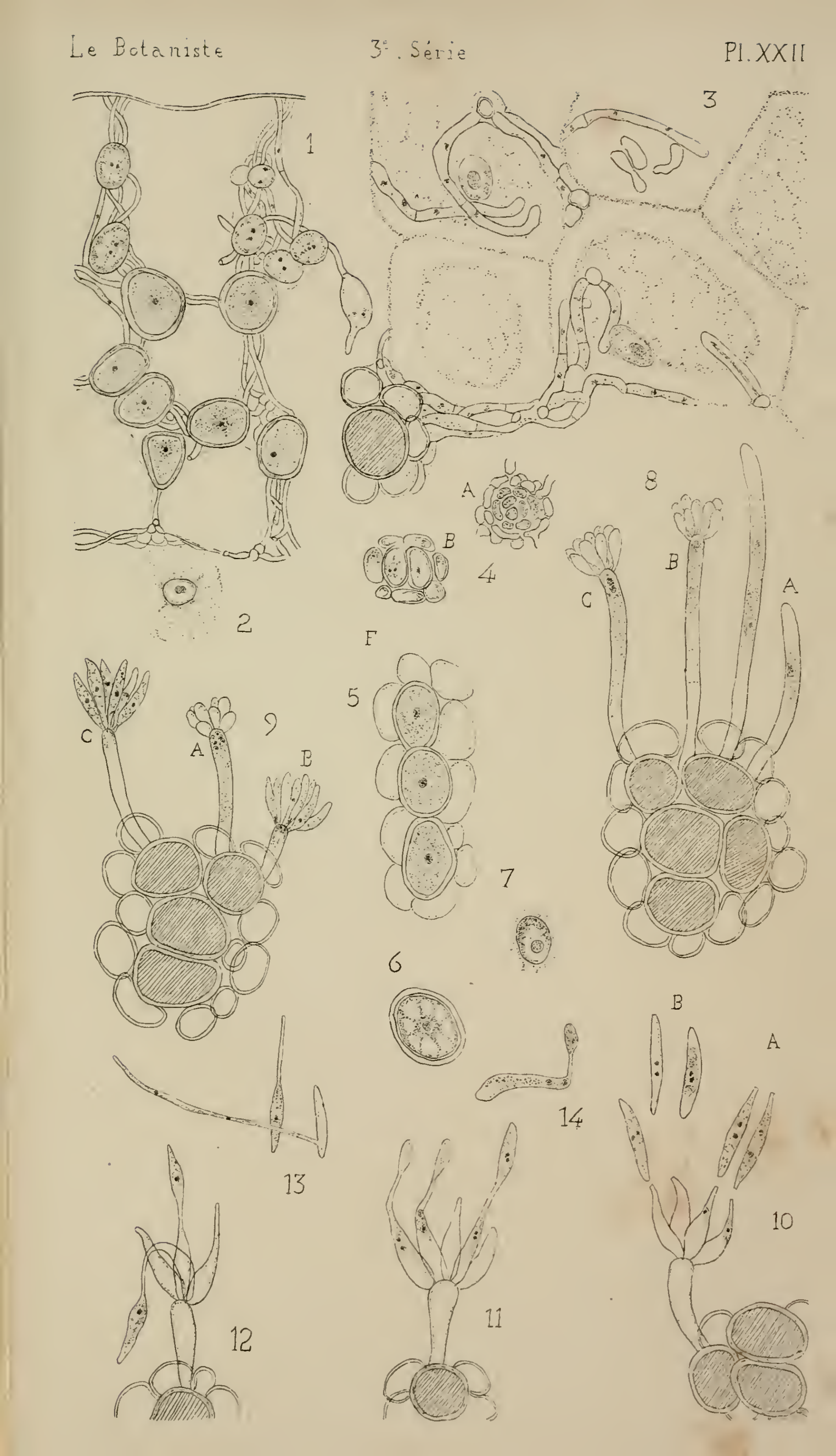
(1) Van Tieghem. *Traité de Botanique*, 2e édition, p. 1135.
(2) Brefeld. *Die Brandpilze*, I, Leipzig, 1883.

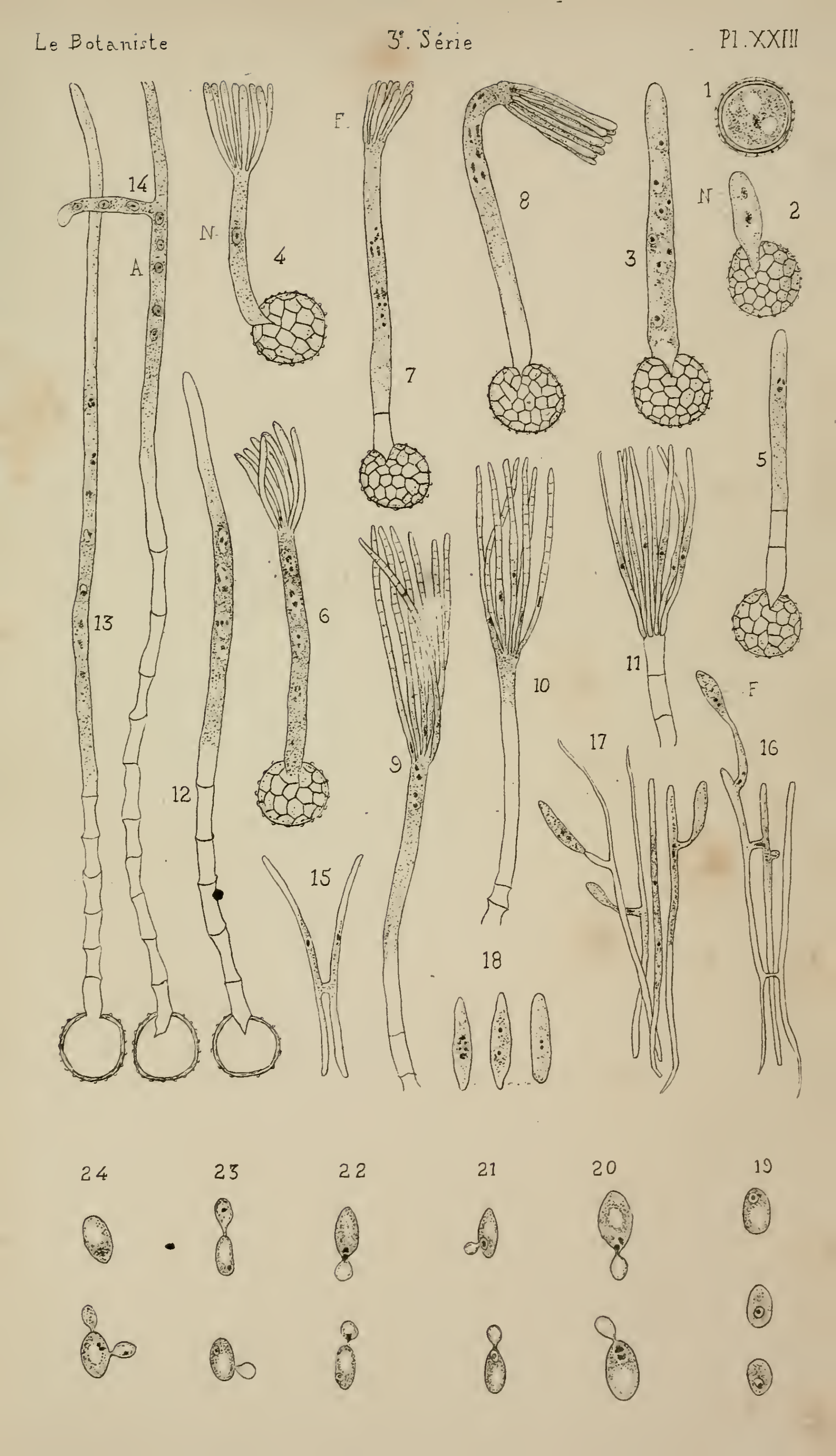
TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS LA TROISIÈME SÉRIE DU « *Botaniste* »


1
A
B
2
A
B
3
F
A
B
4
5
A
6
7
8
9
10
A
B
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21


3
M
A.
M.
4
1
2
M.
5
7
S
6
A.
8
9
10
11
E
14
13
12


1
2
3
4
A
B
5
F
6
7
8
A
B
C
9
A
B
C
10
A
B
11
12
13
14



1
2
N
3
4
N.
5
6
7
F.
8
9
10
11
12
13
14
A
15
16
F
17
18
19
20
21
22
23
24